

С. Ф. Чалий, В. О. Лещинський, І. О. Лещинська

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОЯСНЕНЬ ЩОДО РЕКОМЕНДОВАНОГО ПЕРЕЛІКУ ОБ'ЄКТІВ З УРАХУВАННЯМ ТЕМПОРАЛЬНОГО АСПЕКТУ ВИБОРУ КОРИСТУВАЧА

**Анотація.** Предметом вивчення в статті є процеси формування пояснень щодо рекомендованого переліку товарів та послуг в рекомендаційних системах. **Метою** є розробка моделей пояснення щодо рекомендованого переліку товарів та послуг з урахуванням зміни інтересів користувачів у часів. **Завдання:** обґрунтувати вибір критеріїв для оцінки пояснень; розробити узагальнену модель пояснення, що враховує довіру користувача, а також зміни у продажах товарів та послуг. Використовуваними **підходами** є: підходи до побудови рекомендацій на основі схожості вибору користувачів, а також характеристик об'єктів користувацького вибору. Отримані наступні **результати.** Проведено порівняльний аналіз критеріїв оцінки пояснень та обґрунтовано вибір критеріїв довіри та результативності як ключових для моделювання пояснень з урахуванням темпорального аспекту вибору користувача. Запропоновано моделі представлення пояснень у вигляді числового показника, значення якого характеризує зміну продажів протягом визначеного періоду часу, а знак пояснення визначає напрямок цих змін – збільшення або зменшення. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному. Запропоновано модель пояснення для рекомендацій. Пояснення представлено числовим показником, що враховує зміни продажів на товарів та послуг між інтервалами деталізації часу для визначеного періоду часу. Пояснення враховує зміни продажів вибраного товару на послідовних інтервалах часу для заданого рівня його деталізації, а також зміни продажів для всіх інтервалів у вибраному періоді часу у порівнянні з поточним інтервалом. Запропоноване числове представлення пояснення дає можливість задовільнити одночасно критерії довіри та результативності пояснень: знак показника відповідає критерію довіри, а абсолютне значення з урахуванням знаку дає можливість оцінити результативність роботи рекомендаційної системи. В практичному аспекті представлення пояснення дає можливість обґрунтувати сформовану рекомендацію навіть у випадку шилінг-атак та у ситуації холодного старту рекомендаційної системи, оскільки в якості вхідних даних для його побудови використовується об'єктивна інформація про покупки вибраного товару для заданого періоду часу.

**Ключові слова:** рекомендаційні системи, системи електронної комерції, пояснення, формування рекомендацій, формування пояснень, критерії оцінки пояснень, темпоральні залежності.

### Вступ

Рекомендаційні системи орієнтовані на підтримку вибору користувача систем електронної комерції. Вони формують рекомендований перелік об'єктів (товарів, послуг) на основі інформації про минулий вибір цих користувачів, рейтингів та схожості характеристик цих об'єктів [1]. Такі системи спрощують вибір споживача серед широкого спектру товарів та послуг, що в більшості випадків призводить до збільшення продажів товарів в цілому, а також підвищення продажів цільової групи об'єктів [2]. Тому рекомендаційні системи широко використовуються як у складі систем електронної комерції [3], так і у безпосередньо у якості інтелектуальних порадників [4].

Для розуміння користувачами механізму формування рекомендованого переліку товарів та послуг у таких системах використовують пояснення рекомендацій. Пояснення орієнтовані на зменшення часу, який споживач витрачає на вибір і, як наслідок, на збільшення продажів товарів та послуг.

Роль пояснень є особливо важливою у випадку неповноти або неточності вхідної інформації для побудови рекомендацій. Проблема неповноти та неточності вхідних даних виникає у випадку нових користувачів, а також при штучного спотворення рейтингу товарів.

Рекомендації будуються шляхом порівняння інформації про вибір цільового користувача та інших

користувачів. Вважається, що інформація про покупки та виставлені рейтинги характеризує вибір кожного користувача. Однак у випадку нового користувача виникає ситуація холодного старту, при якій відсутні дані про вибір, що відображає інтереси цього користувача [5], або ж такі дані є застарілими [6, 7].

Штучне спотворення рейтингів товарів та послуг є наслідком атак користувачів (шилінг-атак) з метою збільшення продажів цільової групи об'єктів [8]. Отримані з використанням спотворених даних рекомендації відповідають інтересами злоумисників, а не користувачів рекомендаційною системою [9]. Тому спотворення рекомендацій може знизити довіру користувача до рекомендаційної системи і, як наслідок, зменшити продажі товарів та послуг у відповідній системі електронної комерції.

Використання пояснень дає можливість обґрунтувати для користувача відповідність товарів та послуг із рекомендацій їх інтересам [10] та підвищити його довіру до отриманих рекомендацій.

Сучасні підходи до побудови пояснень базуються на методах пояснення результатів в експертних та прецедентних системах [11].

Для визначення відповідності пояснень вимогам користувача, а також власників рекомендаційної системи, в роботі [12] запропоновано ряд критеріїв оцінки пояснень. Проведена в роботах [13, 14] оцінка пояснень щодо рекомендацій показали збільшення кількості вибраних товарів та послуг після отримання пояснень.

Однак існуючі підходи та критерії побудови пояснень орієнтовані на статичний опис зв'язків між властивостями товарів та послуг, інтересами споживачів, а також рекомендованим переліком об'єктів. Недостатньо уваги приділяється зміні інтересів споживачів з часом. Такі зміни впливають на попит на товари та послуги і тому їх необхідно врахувати в поясненнях.

Таким чином, проблема побудови пояснень з урахуванням темпорального аспекту у потребах та вимогах користувачів є актуальною.

**Метою статті** є розробка моделей пояснення щодо рекомендованого переліку товарів та послуг з урахуванням зміни інтересів користувачів у часів.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі задачі:

– обґрунтувати вибір критеріїв для оцінки пояснень з урахуванням темпорального аспекту вибору користувача;

– розробити узагальнену модель пояснення, що враховує довіру користувача, а також зміни у продажах товарів та послуг.

### Вибір критеріїв для оцінки пояснень з урахуванням темпорального аспекту вибору користувачів рекомендаційної системи

Для формування моделі пояснень з урахуванням темпорального аспекту попиту користувача критерії оцінки пояснень доцільно розбити на групи, а потім визначити можливості цих груп щодо врахування змін інтересів користувачів у часі. Порівняльний аналіз розподілених по групам критеріїв оцінки пояснень з урахуванням темпорального аспекту вибору користувачів наведено в табл. 1.

Критерії оцінки пояснень дають можливість оцінити зміну поведінки користувача в результаті використання пояснень, зміни у роботі системи електронної комерції внаслідок застосування пояснень, а також показники зручності використання пояснень з точки зору користувача.

Для оцінки зміни вибору споживачів внаслідок використання пояснень застосовуються показники прозорості, оброблюваності та довіри.

Таблиця 1 – Використання критеріїв оцінки пояснень в рекомендаційних системах з урахуванням темпорального аспекту вибору користувачів

Характеристика групи показників	Критерій	Можливість використання критерію для оцінки змін попиту споживачів
Оцінка змін вибору користувачів	Прозорість	Не враховує темпоральний аспект
	Оброблюваність	Враховує темпоральні зміни, але потребує використання предметно-залежних знань
	Довіра	Може відображати темпоральні зміни, але потребує врахування неявних факторів
Оцінка змін у продажах в результаті використання пояснень	Дієвість (результативність)	Темпоральний аспект може бути врахований на основі аналізу даних про продажі без опитування споживачів
	Переконливість	Темпоральний аспект може бути врахований на основі аналізу даних про продажі
Оцінка зручності використання пояснень з точки зору користувача	Ефективність	Відображає темпоральний аспект, але потребує додаткової інформації щодо дій користувача
	Задоволеність	Зазвичай не враховує темпоральний аспект

Перший показник призначений для оцінки розуміння способу формування рекомендацій. Він, зокрема, встановлює, чи була врахована подібність між предметами або користувачами. Відповідність даному критерію визначається в результаті інтерв'ю з користувачами. Реалізація пояснень, що відповідають цьому критерію, полягає у визначенні послідовності правил «if-then», що приводять користувача до логічного висновку про обґрунтованість вибору запропонованих товарів або послуг.

Даний критерій орієнтований на оцінку статичних характеристик пояснень та не враховує темпоральний аспект.

Другий критерій забезпечує можливість оцінки зміни інтересів споживача в залежності від отриманих пояснень. При використанні даного критерія необхідно реалізувати цикл коригування пояснень. Даний цикл містить у собі такі ключові етапи:

– автоматизоване формування пояснень щодо отриманих рекомендацій;

– реалізація зворотного зв'язку від користувача для перевірки розуміння пояснень; зворотний зв'язок може бути реалізований на основі відслідкову-

вання переходів користувача по сторінкам відповідного сайту;

– уточнення пояснень на основі результатів зворотного зв'язку.

Другий та третій етапи даного циклу повторюються в процесі уточнення вибору користувача.

Даний цикл враховує темпоральний аспект вимог користувача. Однак ітеративна послідовність уточнення пояснень може потребувати експертних знань у даній предметній області. Цей недолік звужує можливості використання критерію оброблюваності для оцінки темпоральних змін у потребах користувача.

Останній критерій призначений для оцінки ступеню довіри споживачів до рекомендованого переліку товарів та послуг. Загальна ідея використання цього критерію полягає в наступному: якщо споживач довіряє отриманим рекомендаціям та поясненням до цих рекомендацій, то він вибирає рекомендовані товари або послуги.

Для оцінки пояснень за даним критерієм зазвичай проводять опитування користувачів рекомендаційної системи.

Даний критерій дає можливість врахувати темпоральний аспект попиту користувачів. Однак при його використанні необхідно враховувати вплив неформальних факторів на зміну потреб користувачів з часом.

Друга група критеріїв призначена для оцінки змін у продажах в результаті використання пояснень щодо рекомендацій.

До складу даної групи входять показники результативності та переконливості.

Перший показник визначає зміну кількості продажів товарів та інтересу до цих товарів в результаті використання пояснень.

Для оцінки відповідності пояснень цьому критерію виконується порівняння суми або кількості покупок визначених товарів до та після використання пояснень. Тобто оцінка пояснень згідно даного критерію використовує неявний, об'єктивний зворотний зв'язок від користувача рекомендаційної системи.

Другий критерій визначає вплив пояснень на вибір цільової групи товарів та послуг. Зазвичай збільшення продажу товарів цільової групи впливає також на результативність пояснень.

Оцінка відповідності отриманих пояснень наведеному критерію базується на порівнянні рейтингів предметів з цільової групи до та після отримання пояснень. Така оцінка базується на неявному зворотному зв'язку від користувача і тому може бути спотворена в результаті шилінг-атак. Вказані атаки використовуються для штучної зміни рейтингів товарів та послуг з метою збільшення продажів цільових товарів та зменшення продажів товарів конкурентів.

Третя група критеріїв визначає зручність використання пояснень з точки зору користувача. До її складу входять критерії ефективності та задоволеності споживача.

Для оцінки відповідності пояснень першому критерію необхідно порівняти кілька циклів отримання рекомендацій для визначеної групи товарів та послуг.

В даному випадку враховується темпоральний аспект, але для з'ясування зв'язку між часом роботи з інтерфейсом та змінами попиту необхідно використовувати додаткові процедури.

Задоволеність користувача є неформальним критерієм і тому визначається в результаті їх опитування. При перевірці відповідності даному критерію темпоральний аспект не враховується.

Таким чином, темпоральний аспект попиту користувача враховується переважно у критеріях першої та другої груп. Ключовими критеріями цих груп, які визначають відношення користувача та переваги від пояснень для систем електронної комерції, є довіра та результативність.

Поєднання цих двох критеріїв при побудові моделі пояснення доцільно здійснити на основі неявного зворотного зв'язку від користувача. Ключова перевага такого зв'язку полягає в тому, що він задається через об'єктивні дані про продажі товарів та послуг. Тобто інтегральна характеристика змін про-

дажів визначених товарів з часом дає можливість об'єктивно відображати результативність пояснень і, тим самим, може забезпечити довіру споживача.

### Модель пояснення рекомендацій з урахуванням темпорального аспекту

Пояснення, що відповідає розглянутим критеріям, пропонується формувати з використанням темпоральних правил [15], що враховують зміни продажів товарів у часів. Темпоральні правила типів «Next» та «Future» визначають два варіанти оцінки темпорального аспекту продажів.

Відмінності побудови пояснень на основі цих правил представлені на рис. 1 та 2.

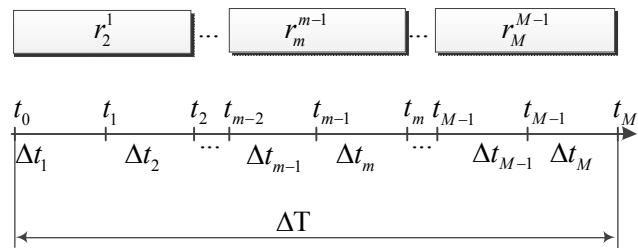


Рис. 1. Опис змін продажів на основі темпоральних правил типу «Future».

В першому випадку пояснення формується на основі суми змін у продажі товарів та послуг для пар послідовних інтервалів часу. Інтервал визначає ступінь деталізації часу (година, день, місяць) і задається в залежності від особливостей продажів товарів та послуг. Наприклад, для товарів повсякденного вжитку інтервал може становити годину або день, сезонних – місяць та більше. Дана оцінка дає усереднене значення змін і може бути корисною у випадку довготривалого росту чи падіння продажів.

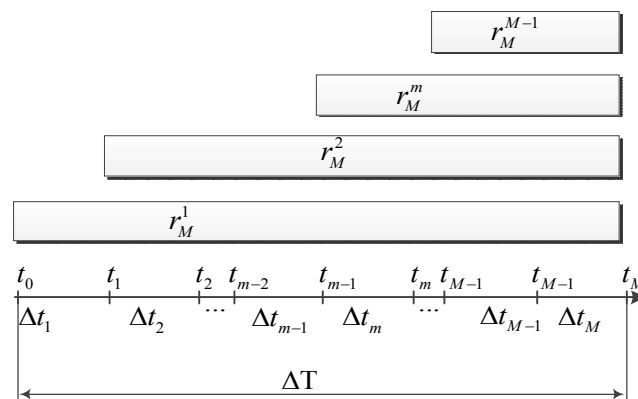


Рис. 2. Опис змін продажів на основі темпоральних правил типу «Future»

В другому випадку пояснення з урахуванням темпорального аспекту виконується шляхом порівняння об'єму продажів за поточний інтервал часу та за всі попередні інтервали (рис. 2). Даний підхід дає можливість врахувати зміни продажів для всіх пар інтервалів часу у визначеному діапазоні  $\Delta T$  і, тим самим, узагальнити тенденції у змінах попиту спо-

живачів. Темпоральні правила  $r_m^{m-1}$  типу «Next» встановлюють зв'язок між послідовними інтервалами часу  $\Delta t_{m-1}$  та  $\Delta t_m$ , що закінчуються в моменти  $t_{m-1}$  та  $t_m$  відповідно.

Такий зв'язок в даній предметній області визначає зміни (ріст, падіння) продажів вибраного товару на цих інтервалах.

$$r_m^{m-1} = n_m - n_{m-1} \mid \Delta t_m = t_m - t_{m-1}, \quad (1)$$

де  $n_m$ ,  $n_{m-1}$  – кількість проданого певного товару на інтервалах  $\Delta t_{m-1}$  та  $\Delta t_m$  відповідно.

Пояснення з використанням правил типу «Next» визначає нормовану сумарну зміну продажів товару для діапазону часу  $\Delta T$ :

$$M_{Next} = \frac{\sum_{m=2}^M r_m^{m-1}}{M-1}. \quad (2)$$

Набір темпоральних залежностей типу «Future» має вигляд:

$$R_{Future} = \{r_M^1, r_M^2, \dots, r_M^m, \dots, r_M^{M-1}\} \quad (3)$$

Значення правил типу «Future» обчислюється аналогічно (1), за винятком умови послідовності інтервалів.

Пояснення на основі правил типу «Future» визначає нормовану сумарну зміну (підвищення або зниження) продажів для всіх пар інтервалів з останнім інтервалом часу  $\Delta t_M$ .

$$M_{Future} = \frac{\sum_{m=1}^{M-1} r_M^m}{M}. \quad (4)$$

Таким чином, пояснення у вигляді (2) узагальнює флуктуації попиту на товари та послуги для періоду часу  $\Delta T$ , а пояснення у вигляді (4) дає можливість порівнювати попит протягом періоду  $\Delta T$  з попитом у поточний інтервал  $\Delta t_M$ .

Експериментальна перевірка пояснення (4) показала, що нетипові зміни продажів на останньому інтервалі часу  $\Delta t_M$  можуть викривити пояснення. Тобто значення пояснення значною мірою залежить від вибору інтервалу  $\Delta t$ .

Наприклад, продажі могли зростати протягом декількох місяців але бути низькими останні 2-3 дні. В тому випадку, якщо інтервал  $\Delta t$  становить 1 день, то пояснення (4) покаже скорочення попиту, що не відповідає загальній тенденції останніх місяців. В результаті користувач не вибратиме вказаний товар і тим самим спровокує подальше зниження попиту.

Для виправлення цього недоліку доцільно комбінувати пояснення з використанням залежностей «Next» та «Future»:

$$M = kM_{Next} + (k-1)M_{Future}. \quad (5)$$

Значення коефіцієнту  $k$  залежить від коливань попиту на об'єкти. Перша складова визначає зріст/падіння попиту на заданому рівні деталізації часу.

У випадку детального представлення часу (година, день) збільшення цієї складової дає можливість нівелювати аномальну зміну попиту на фінальному інтервалі  $\Delta t_M$  у випадку, наприклад, шилінг-атаки.

З іншого боку, при заданні деталізації часу на рівні тиждень, місяць вплив першої складової доцільно зменшити з наступних причин. По-перше, на великих інтервалах часу флуктуації попиту нівелюються згідно (1). По-друге, невідповідність тенденцій змін попиту для останнього інтервалу  $\Delta t_m$  та періоду часу  $\Delta T$  зменшується для такої деталізації часу.

Слід зазначити, що запропоноване представлення пояснень дає можливість доповнити контекст побудови рекомендацій [16,17] темпоральною складовою.

## Висновки

Запропоновано модель пояснення рекомендованого переліку товарів та послуг в рекомендаційній системі. Пояснення представлено числовим показником, що враховує зміни продажів товарів та послуг для визначеного періоду часу, обчислені з використанням темпоральних правил типів «Next» та «Future».

Пояснення з використанням темпоральних правил типу «Next» враховує зміни продажів вибраного товару на послідовних інтервалах часу для заданого рівня його деталізації. Пояснення з використанням правил типу «Future» враховує зміни продажів для всіх інтервалів у вибраному періоді часу у порівнянні з поточним інтервалом. Комбіноване пояснення на основі правил обох типів дає можливість врахувати як поточні зміни продажів, так і збільшення або зменшення продажів протягом заданого періоду часу.

Використання єдиного числового показника у якості пояснення дає можливість задовільнити одночасно критерії довіри та результативності пояснень.

одного боку, отримане пояснення показує нормовані кількісні зміни у продажах конкретного товару за визначений період часу, що дає можливість оцінити результативність використання пояснень у роботі рекомендаційної системи.

З іншого боку, позитивний знак пояснення свідчить про збільшення продажів цільового товару на вибраному інтервалі часу, що має сприяти довірі споживача до отриманої рекомендації.

Перевага практичного використання запропонованого пояснення полягає в тому, що для його побудови використовується об'єктивна інформація про покупки вибраного товару, що дає можливість обґрунтувати сформовану рекомендацію навіть у випадку шилінг-атак та у ситуації холодного старту рекомендаційної системи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. (2015). Recommender systems. Handbook, 1008 p.
2. C. Aggarwal (2017) Recommender Systems: The Textbook, New York: Springer, 498 p.
3. Linden G., Smith B. and York J. (2003), "Amazon.com recommendations: Item-to-item collaborative filtering", Internet Computing, IEEE 7, 1, pp. 76–80.
4. Saga, R., Hayashi, Y., and Tsuji, H. (2008), Hotel Recommender System based on User's Preference Transition, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (IEEE/SMC 2008), 2437- 2442.
5. Lika B., Kolomvatsos K., Hadjiefthymiades S. (2014). Facing the cold start problem in recommender systems. Expert Systems with Applications, Vol. 41(4), pp. 2065-2073.
6. Bernardi L. et al. (2015) The Continuous cold start problem in e-commerce recommender systems. The Computing Research Repository (CoRR) in arXiv, Vol. 1508.01177, pp. 1-6.
7. Chalvi S., Leshchynskyi V., Leshchynska I. (2019). Method of forming recommendations using temporal constraints in a situation of cyclic cold start of the recommendation system. EUREKA: Physics and Engineering, 4, 34-40 DOI:10.21303/2461-4262.2019.00952.
8. I. Shilling "Attack detection for recommender systems based on credibility of group users and rating time series", <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196533> [Published: May 9, 2018].
9. Chala O., Novikova L., Chernyshova L. (2019). Method for detecting shilling attacks in e-commerce systems using weighted temporal rules. EUREKA: Physics and Engineering, 5, 29-36.
10. Cleger-Tamayo, J. M. Fernandez-Luna, J. F Huete (2012) "Explaining neighborhood-based recommendations", in the 35th International ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, ACM, 2012, pp. 1063–1064.
11. Cunningham, P., Doyle, D., Loughrey, J. (2003) An Evaluation of the Usefulness of Case-Based Reasoning Explanation. In: Case-Based Reasoning Research and Development: Proceedings ICCBR. Number 2689 in LNAI, Trondheim, Springer, pp. 122–130.
12. N Tintarev, J Masthoff (2007). A Survey of Explanations in Recommender Systems. In G Uchyigit (ed), Workshop on Recommender Systems and Intelligent User Interfaces associated with ICDE'07, pp. 801-810.
13. Tintarev N., Masthoff J. (2010) Designing and evaluating explanations for recommender systems, in Ricci, F. Rokach, L. Shapira, B. and Kantor, P. (Eds.), Recommender systems handbook, Springer, Dordrecht, 479–510.
14. N. Tintarev, J. Masthoff "Evaluating the effectiveness of explanations for recommender systems", in User Modeling and User-Adapted Interaction, 2012, № 22(4), pp.399–439.
15. Levykin V., Chala O. (2018). Development of a method of probabilistic inference of sequences of business process activities to support business process management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5/3(95), 16-24. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.142664.
16. Чалий С.Ф., Лещинський В.О., Лещинська І.О. (2018). Моделювання контексту в рекомендаційних системах. Проблеми інформаційних технологій, 1(023), 21-26.
17. Чалий С.Ф., Лещинський В.О., Лещинська І.О. (2018). Інтеграція локальних контекстів споживачів в рекомендаційних системах на основі відношень еквівалентності, схожості та сумісності. Process mining Materials of the VII International Scientific Conference «Information-Control System and Technologies», 142-144.

Received (Надійшла) 30.10.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 18.12.2019

**Modeling explanations for the recommended list of items  
based on the temporal dimension of user choice**

S. Chalvi, V. Leshchynskyi, I. Leshchynska

**Abstract.** The **subject matter** of the article is the process of generating explanations for the recommended list of goods and services in recommendation systems. The **goal** is to develop models for explaining the recommended list of goods and services, considering the changing interests of users over time. **Tasks:** justify the selection of criteria for evaluating the explanations; to develop a generalized explanation model that considers the trust of the user, as well as changes in sales of goods and services. The **approaches** used are: approaches to constructing recommendations based on the similarity of user choices, as well as characteristics of user choice objects. The following **results** are obtained. A comparative analysis of the criteria for evaluating the explanations is carried out and the choice of criteria for trust and performance as key for modeling the explanations, considering the temporal aspect of the user's choice, is justified. Models for the presentation of explanations in the form of a numerical indicator, the value of which characterizes changes in sales over a given period of time, and the sign of explanation determines the direction of these changes - increase or decrease. **Conclusions.** The scientific novelty of the results is as follows. An explanation model for recommendations is proposed. The explanation is represented by a numeric indicator that considers changes in sales of goods and services between the intervals of time detail for a given period of time. The explanation considers the change in sales of the selected product at successive time intervals for a given level of detail, as well as changes in sales for all intervals in the selected time period compared to the current interval. The proposed numerical representation of the explanation makes it possible to simultaneously satisfy the criteria of trust and the effectiveness of the explanations: the sign of the indicator meets the criterion of trust, and the value gives the opportunity to evaluate the performance of the recommendation system. In practical terms, the presented explanation makes it possible to substantiate the recommendation even in the case of shilling attacks and in the situation of a cold start of the recommendation system, since objective information on purchases of the selected product for a given period of time is used as input data.

**Keywords:** recommender systems, e-commerce systems, explanation, formation of recommendations, formation of explanations, criteria for evaluating explanations, temporal dependencies.