

В.О. Лещинський¹, І.О. Лещинська²¹доцент кафедри програмної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, volodymyr.leshchynskyi@nure.ua²доцент кафедри програмної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, iryna.leshchynska@nure.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ВИБОРУ КОРИСТУВАЧА В УМОВАХ ОБМЕЖЕНЬ ХОЛОДНОГО СТАРТУ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Розглянуто проблему підтримки вибору користувача в рекомендаційних системах з урахуванням обмежень, що виникають в умовах холодного старту. Виконано структурування даної проблеми та виділено такі аспекти холодного старту, як поява нового користувача, поява нового об'єкту інтересу споживача, зміна контексту вибору об'єктів користувачем, зміна інтересів споживачів з часом. Запропоновано орієнтовану на систему обмежень модель вибору об'єктів у нормальному режимі роботи рекомендаційної системи, а також орієнтовану на обмеження модель вибору об'єктів в умовах холодного старту. Обмеження у запропонованих моделях представлені у вигляді предикатів на змінних, що характеризують властивості споживачів та об'єктів їх інтересу, а також контекст вибору споживача. Перевага запропонованих моделей полягає у можливості обмежити вхідні дані, таким чином, щоб вони відповідали найбільш суттєвим закономірностям вибору споживачів у даному контексті на даному інтервалі часу, що дає можливість спростити побудову рекомендацій для нових споживачів і нових об'єктів. Запропоновано підхід до побудови рекомендацій в умовах обмежень холодного старту. Підхід передбачає формування обмежень на основі інтелектуального аналізу вхідних даних рекомендаційної системи, а також подальше використання цих обмежень при побудові рекомендацій в умовах холодного старту.

РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА, ОБМЕЖЕННЯ, ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ, ХОЛОДНИЙ СТАРТ, КОНТЕКСТ ВИБОРУ КОРИСТУВАЧА

Лещинский В.А., Лещинская И.А. Моделирование выбора пользователя в условиях ограничений холодного старта рекомендательной системы. Рассмотрена проблема поддержки выбора пользователя в рекомендательных системах с учетом ограничений, возникающих в условиях холодного старта. Выполнено структурирование данной проблемы и выделены такие аспекты холодного старта, как появление нового пользователя, появление нового объекта интереса потребителя, изменение контекста выбора объектов пользователем, изменение интересов потребителей со временем. Предложена ориентированная на систему ограничений модель выбора объектов в нормальном режиме работы рекомендательной системы, а также ориентированная на ограничения модель выбора объектов в условиях холодного старта. Ограничения в предложенных моделях представлены в виде предикатов на переменных, характеризующих свойства потребителей и объектов их интереса, а также контекст выбора потребителя. Преимущество предложенных моделей заключается в возможности ограничить входные данные, таким образом, чтобы они соответствовали наиболее существенным закономерностям выбора потребителей в данном контексте на данном интервале времени, что позволяет упростить построение рекомендаций для новых потребителей и новых объектов. Предложен подход к построению рекомендаций в условиях ограничений холодного старта. Подход предполагает формирование ограничений на основе интеллектуального анализа входных данных рекомендательной системы, а также дальнейшее использование этих ограничений при построении рекомендаций в условиях холодного старта.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, ОГРАНИЧЕНИЯ, ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ, ХОЛОДНЫЙ СТАРТ, КОНТЕКСТ ВЫБОРА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Leshchynskyi V., Leshchynska I. Modeling the user's choice in the constraints of the cold start of the recommender system. The problem of supporting user choice in recommender systems is considered, taking into account the limitations that arise when solving a cold start problem. Structuring of this problem was carried out and such aspects of a cold start were highlighted as the emergence of a new user, the emergence of a new consumer interest object, a change in the user selection context, a change in consumer interests over time. A system-oriented model of object selection in the normal operation mode of the recommender system was proposed, as well as a model-oriented model of object selection under cold start conditions. Restrictions in the proposed models are presented in the form of predicates on variables that characterize the properties of consumers and objects of their interest, as well as the context of consumer choice. The advantage of the proposed models is the ability to limit the input data, so that they correspond to the most significant laws of consumer choice in this context at a given time interval, which allows us to simplify the construction of recommendations for new consumers and new objects. An approach to building recommendations in the context of cold start restrictions is proposed. The approach assumes the formation of constraints based on the intellectual analysis of the input data of the recommender system, as well as the further use of these constraints in constructing recommendations in cold start conditions.

RECOMMENDATION SYSTEM, CONSTRAINTS, PERSONALIZATION OF RECOMMENDATIONS, COLD START, CONTEXT OF USER CHOICE

Вступ

Рекомендаційні системи призначені для підтримки вибору споживача в умовах відсутності детальних знань споживача про властивості множини аналогічних товарів та послуг. Такі системи знайшли широке застосування в сфері електронної комерції, наприклад, у сайтах з продажу товарів у мережі Інтернет, сайтах бронювання та продажу квитків, бронювання готелів, у сфері розваг, для продажу фільмів та музики [1].

Функціонування таких систем базується на прогнозуванні потреб конкретного споживача. За результатами прогнозування формується персоналізований перелік товарів та послуг, який може бути цікавим цьому споживачеві.

Формування рекомендованого переліку товарів та послуг відбувається на основі аналізу вибору схожих споживачів або встановлення схожості характеристик товарів. Також використовуються додаткові знання про предметну область. Зазвичай такі знання описують спосіб та умови використання товарів та послуг, що їх вибирає користувач рекомендаційної системи [2].

Однією із важливих проблем, яка виникає при розробці та впровадженні таких систем, є проблема холодного старту. Ця проблема пов'язана із відсутністю або неповнотою інформації про користувачів, товари або зв'язки між ними. Зазвичай вона виникає при появі в рекомендаційній системі нових користувачів, товарів, або при суттєвій зміні інтересів існуючих користувачів [3].

Традиційні підходи до побудови рекомендованого переліку об'єктів базуються на використанні існуючих даних про вибір користувача. У разі реєстрації у рекомендаційній системі нового користувача інформація про його вибір відсутня. Він вважається «холодним», тобто виникає проблем холодного старту.

Існуючі підходи до вирішення проблеми холодного старту орієнтовані на розв'язання задач, що відображають окремі аспекти цієї проблеми, пов'язані із відсутністю інформації про користувачів та об'єкти їх інтересу. Зокрема, моделюється поведінка користувача, його поточні та стратегічні інтереси, а також контекст прийняття рішень з вибору товарів або послуг. В роботі [4] модель динаміки змін інтересів користувача (темпоральної динаміки за визначенням автора) будується за допомогою методу градієнтного спуску. В роботі [5] запропоновано графове представлення зміни інтересів користувача. При використанні моделі застосовується випадковий пошук. Більш складні аспекти, пов'язані із описом поведінки декількох користувачів, моделюються за допомогою нейронної мережі [6]. Демографічні характеристики

користувача використовуються при побудові рекомендацій в роботі [7]. Використання контекстних даних розглянуто в роботі [8].

Ряд робіт використовує фільтрацію вхідних даних на основі активного навчання [9, 10]. Головна ідея таких робіт полягає в тому, щоб до початку побудови рекомендацій підібрати релевантні вхідні дані.

Також використовується модель на базі багат шарового графу, що відображає зрізи по вибору користувачів у різні періоди часу [11].

Однак в цілому наведені підходи не використовують системне представлення ситуації холодного старту з урахуванням всіх її елементів та їх взаємодії.

Сукупність взаємодіючих споживачів та об'єктів задає гнучку систему обмежень для вибору нового споживача у ситуації холодного старту. Така система обмежень змінюється з часом, адаптуючись до змін уподобань споживачів. Вона дає можливість зменшити множину варіантів вибору нового споживача навіть за відсутності повної інформації про його інтереси.

Тому системне представлення вибору нового користувача рекомендаційної системи з формалізацією обмежень, пов'язаних із можливими інтересами існуючих споживачів, властивостями об'єктів, що є цікавими для споживачів, а також можливими контекстно-орієнтованими способами використання цих об'єктів є актуальною задачею.

Побудова такого представлення дає можливість реалізувати комплексний підхід до побудови рекомендацій, що заснований на виділенні обмежень методами інтелектуального аналізу даних та подальшому використанні отриманих обмежень для відбору релевантних вхідних даних, призначених для побудови рекомендацій.

2. Постановка задачі

Метою статті є розробка орієнтованих на обмеження моделей ситуації вибору користувача рекомендаційної системи у нормальному режимі роботи та у умовах холодного старту.

Для досягнення цієї мети вирішуються такі задачі:

– структуризація ситуації холодного старту з урахуванням інформації про користувача, об'єкти, контекст та час вибору;

– розробка орієнтованих на обмеження моделей вибору користувача у нормальному режимі роботи рекомендаційної системи та в умовах холодного старту;

– розробка узагальненого підходу до побудови орієнтованої на обмеження моделі вибору користувача рекомендаційної системи.

3. Формування рекомендацій в умовах обмежень холодного старту рекомендаційної системи

Проблема холодного старту виникає в результаті алгоритму взаємодії між користувачем та об'єктами його інтересу. Така послідовність змінюється внаслідок появи нових споживачів та об'єктів, а також внаслідок зміни контексту вибору цих об'єктів у статистиці або динаміці.

Тому доцільно виділити такі випадки виникнення холодного старту:

- поява нового користувача;
- поява нового об'єкту;
- зміна контексту вибору об'єктів користувачем;
- зміни інтересів споживачів з часом, що призводять до динамічної зміни контексту вибору товарів та послуг.

Проблема появи нового користувача рекомендаційної системи характеризується неповнотою інформації про нього та утруднює реалізацію user-based підходу до побудови рекомендацій. Зазвичай потрібна інформація про нового споживача має два аспекти:

- персональні дані користувача;
- дані про його інтереси споживача.

Мінімальний набір персональних даних у більшості випадків вводиться до системи електронної комерції при реєстрації користувача. Рекомендаційна підсистема може їх отримати із бази даних відповідного сайту електронної комерції. Однак цих даних недостатньо для побудови точних рекомендацій.

Дані про інтереси споживача за замовчуванням представлені історією його пошуків товарів та послуг, а також покупок цих товарів й виставлених ним рейтингів. Історія пошуку відображається у вигляді послідовності переглянутих сторінок сайту інтернет-магазину, вибраних груп товарів, встановлених фільтрів на характеристики товарів, тощо.

Історія покупок зберігається в базі даних системи електронної комерції і разом із історією пошуку задають неявний зворотний зв'язок від споживача.

Рейтинг відображає явний зворотний зв'язок, оскільки в даному випадку використовується шкала оцінки товарів або послуг, що були вибрані споживачем.

У випадку нового користувача наведені дані відсутні в рекомендаційній системі, що не дає можливості сформулювати точні рекомендації.

Додаткові дані про користувача зазвичай отримують із соціальних мереж. Слід зазначити, що при аналізі соціальних мереж використовуються два підходи.

Згідно першого підходу з мережі вилучаються додаткові персональні дані користувача, наприклад

про його вподобання, освіту, регіон проживання, тощо.

Другий підхід передбачає аналіз повідомлень користувачів соціальної мережі. Використовуються методи інтелектуального аналізу тексту для вилучення понять, об'єктів, та зв'язків між ними. На основі аналізу отриманих знань формується опис контексту прийняття рішень користувачем. Наприклад, аналіз повідомлень про плани на уикенд, про персональні інтереси використовується мережами магазинів для прогнозування та підбору відповідного асортименту товарів для споживача.

Проблема холодного старту при появі нового об'єкту, тобто товару або послуги пов'язана із відсутністю інформації про його характеристики. Такі характеристики також доцільно розділити на дві групи.

Перша група відображає інтерес користувачів до цього об'єкту. Дана інформація в цілому є неявною і може бути отримана лише на основі аналізу рейтингів товару, виставленого декількома користувачами або історії покупок.

Проблема холодного старту при появі нового товару в даному випадку пов'язана із відсутністю інформації про його вибір, що не дозволяє сформувати рекомендації згідно user-based підходу.

Друга група характеристик відображає властивості товару, що є цікавими для користувача рекомендаційної системи. На практиці така інформація купується у спеціалізованих фірм, що ведуть бази даних із технічними характеристиками широкого спектру товарів. Відсутність цієї інформації не дає можливості сформувати рекомендації користувачеві за допомогою item-based підходу.

Проблема холодного старту при зміні контексту вибору користувача виникає у трьох випадках:

- зміна персональних вподобань користувача при зміні глобального контексту, тобто зміні місця проживання, навчання, роботи, тощо.
- в результаті поліпшення або серйозних змін у характеристиках об'єктів (товарів, послуг): появи товарів та послуг із новими можливостями, що впливають на спосіб їх використання, наприклад електровелосипеди замість велосипедів, смартфони замість телефонів, тощо;
- змін у організаційній системі, в рамках якої оперує споживач; прикладами таких контекстних перемін є зміна корпоративної культури підприємства; зміна організаційної взаємодії у державі (наприклад онлайн-банкінг, електронне урядування).

Проблема холодного старту на основі динамічної зміни контексту вибору товарів та послуг зазвичай розглядається як проблема постійного або циклічного холодного старту [3]. Вона пов'язана із циклічними змінами інтересів споживачів. Така

проблема є характерною для споживачів, що нерегулярно взаємодіють із рекомендаційною системою. Відповідно, їх історія пошуку й вибору товарів та послуг з часом перестає бути релевантною. Такі споживачі мають розглядатись як «холодні» в рамках рекомендаційної системи.

Структуризацію проблеми холодного старту згідно наведеного опису представлено у табл. 1.

Таблиця 1
Характеристики ситуацій холодного старту

Ситуація	Неповні дані	Додаткові дані
Новий користувач	Персональні дані; інформація про інтереси користувача	Неявний зворотний зв'язок: історія пошуку; історія покупок. Явний зворотний зв'язок: рейтинг. Персональні дані, що можуть бути отримані із соціальних мереж.
Новий об'єкт (товар, послуга)	Інформація про характеристики об'єкту	Неявні характеристики з точки зору користувача: рейтинг. Властивості об'єктів, можуть бути отримані від спеціалізованих фірм, що ведуть базу специфікацій.
Зміна контексту вибору користувача	Спосіб використання об'єкту споживачем	Персональні дані, що відображають глобальні зміни у контексті використання об'єктів споживачем. Додаткові знання про товари, що визначають сферу їх застосування. Загальні знання про підходи до використання об'єктів у предметній області
Циклічні зміни потреб користувача	Залежність зміни інтересів від часу	Інтервал часу, на якому відбувається цикл зміни інтересів споживача

Виконана структуризація проблеми холодного старту показує, що в усіх чотирьох випадках ця проблема пов'язана із виникненням неявних обмежень при побудові рекомендацій. Кожне із таких обмежень характеризується набором змінних, значення яких відомі в нормальному режимі функціонування рекомендаційної системи та є відсутніми у ситуації холодного старту.

Таким чином, модель ситуації холодного старту доцільно розглядати в парадигмі моделювання на основі обмежень. Ці обмеження задаються через можливі значення змінних, які характеризують вибір споживача. Іншими словами, можливі інтереси споживача визначаються шляхом обмежень на значення змінних, що характеризують товари та послуги, контекст, час вибору, тощо.

Наприклад, при виборі користувачем монітору в якості обмежень можуть виступати значення змінних, що характеризують розмір діагоналі екрану, тип матриці, тип роз'єму для підключення сигналу, тощо. Відповідно, вибір декількох схожих за інтересами користувачів також має спільні обмеження пов'язані, наприклад із категорією об'єктів, їх вартістю, тощо.

Для подальшої формалізації ситуації холодного старту розглянемо спочатку представлення вибору споживача у обмеженнях.

Обмеження, що впливають на формування рекомендацій, можна розглядати як кон'юнкцію предикатів, Q_i над змінними, що характеризують користувача, об'єкти та їх взаємодію у часі:

$$C = \{Q_i(X_i)\}, X_i = \{x_1, \dots, x_k, \dots\}, \quad (1)$$

де C – множина обмежень; x_k – змінна, що визначає властивість користувача, об'єкту, контексту або часу.

Тоді, на основі результатів роботи [12], ситуація вибору користувача M може бути представлена множиною змінних $X = \{x_j\}$, що характеризують різні аспекти формування рекомендацій, множиною обмежень C , описом стану предметної області D , а також зв'язками у предметній області R :

$$M = (X, C, D, R). \quad (2)$$

Опис предметної області задає відношення між змінними із предикатів у вигляді множини предикатів Q_i , тобто визначає такі значення змінних, для яких предикат Q_i буде мати значення «істина» у даній предметній області.

$$D = \{v_j : \forall j x_j = v_j | x_j \in X\}, \quad (3)$$

де v_j – значення, яке приймає змінна x_j у предметній області D .

r задає відображення змінних на їх значення у даній предметній області:

$$r : X \rightarrow D \quad (4)$$

Зв'язки між властивостями споживачів, об'єктів, контексту та часу у предметній області задаються на основі n -арних відношень на значеннях змінних x_j :

$$R = \{R_i(v_1, \dots, v_k, \dots)\}. \quad (5)$$

Дані відношення дають можливість визначити істинність предиката Q_i таким чином:

$$Q_i = true | \exists r \wedge \exists R_i. \quad (6)$$

Згідно (6) для моделювання ситуації вибору споживача необхідно спочатку для кожної змінної визначити множину її допустимих значень, а також встановити можливі зв'язки для значень цих змінних у предметній області.

Наприклад, при побудові обмежень на опис монітору необхідно задати допустимі значення його

параметрів. Тобто ситуація вибору користувача має обмеження виду:

$$Q_i = \text{Роздільна_здатність} \wedge \text{частота} \wedge \text{яскравість} \wedge \text{контрастність} \wedge \dots \quad (7)$$

Реальний монітор в інтернет-магазині буде мати комбінацію значень виду:

$$R_i = 2560 * 1440 \wedge 60 \text{ Гц} \wedge 300 \text{ Кд} \wedge 3000 : 1 \wedge \dots \quad (8)$$

Відношення між Q_i та R_i встановлюються через відображення r , тобто для даного прикладу:

$$\begin{aligned} \text{Роздільна_здатність} &\rightarrow 2560 * 1440, \\ \text{частота} &\rightarrow 60 \text{ Гц}, \\ \text{яскравість} &\rightarrow 300 \text{ Кд}, \\ \text{контрастність} &\rightarrow 3000 \end{aligned} \quad (9)$$

Однак у більш загальному випадку у інтернет – магазині продається набір моніторів, тобто:

$$\begin{aligned} \text{Роздільна_здатність} &\rightarrow 2560 * 1440, \\ \text{Роздільна_здатність} &\rightarrow 1660 * 1200, \\ \text{Роздільна_здатність} &\rightarrow 1920 * 1080 \dots \end{aligned} \quad (10)$$

Представлений приклад показує, що орієнтований на обмеження опис ситуації вибору користувача дає можливість зменшити кількість об'єктів, що пропонуються споживачеві. У даному прикладі зменшення відбувається шляхом врахування допустимих комбінацій значень властивостей товарів.

Також обмеження можуть враховувати комбінацію властивостей споживача: вік, регіон проживання, тощо.

Контекст враховується у обмеженнях на основі додаткової інформації про властивості предметної області, наприклад про спосіб застосування рекомендованого товару.

Приклад контексту використання монітору із сайту elmir.ua наведено на рис. 1.

Дополнительно применена продвинутая технология многозонного вертикального совмещения, которая обеспечивает сверхвысокий коэффициент статического контраста, формируя более яркую, живую картинку. На этом дисплее без труда можно работать в стандартных офисных программах, но особенно эффективен такой экран для просмотра фотографий, веб-страниц, фильмов и игр, и работы с мощными графическими приложениями. Технология оптимизированной

Рис. 1. Приклад контексту використання об'єкту

Із прикладу представленого на рис. 1 контексту використання монітору видно, що контекст задає множину способів його застосування і передбачає можливості роботи як з офісними та графічними програмами, так і з ігровими додатками. Очевидно, що контекст впливає на вибір користувача, в тому числі і в ситуації холодного старту.

Розглянемо опис контекстних обмежень у предметній області згідно наведеного прикладу. Фрагмент контексту характеризується такими змінними:

$$\begin{aligned} x_1 &= \text{«вертикальне суміщення»}; \\ x_2 &= \text{«офісне застосування»}; \\ x_3 &= \text{«робота з графікою»}. \end{aligned}$$

Відповідно, формальне представлення контекстного обмеження Q_i для даного спрощеного прикладу має вигляд:

$$Q_i = x_1 \wedge x_2 \wedge x_3. \quad (11)$$

Зв'язки між властивостями контексту в предметній області мають вигляд:

$$R_i = (v_1 = \text{true}) \wedge (v_2 = \text{true}) \wedge (v_3 = \text{true}). \quad (12)$$

Вибір користувача з формальної точки зору означає, що його вимога(важливі для його властивості товарів та послуг) задовольняються в рамках обмежень моделі (2). Тому для потреба споживача β має бути істинною в моделі M ситуації вибору, тобто має місце умова :

$$(X, C, D, R) \models \beta. \quad (13)$$

Оскільки обмеження C задають зв'язок між елементами моделі M , то умова (13) може бути переписана у вигляді $C \models \beta$.

Умови холодного старту задаються підмножиною обмежень CI . Модель вибору користувача в умовах обмежень холодного старту має вигляд:

$$M_{CI} = (X, CI, D, R), CI \subset C. \quad (14)$$

Такі обмеження залежать від того, яка ситуація холодного старту виникла. Наприклад, для нового користувача така підмножина має вигляд:

$$CI = C_{Item} \cup C_{Context} \cup C_{Temporal}, \quad (15)$$

де C_{Item} – обмеження по об'єктам; $C_{Context}$ – контекстні обмеження; $C_{Temporal}$ – темпоральні обмеження.

Запропонований підхід до побудови рекомендацій в умовах холодного старту рекомендаційної системи використовує розроблену модель M_{CI} .

Ключова концепція, яку положено в основу підходу, полягає у відборі релевантних вхідних даних на основі формування предикатних обмежень, що характеризують контекстно-орієнтовані закономірності вибору споживачів. Підхід складається з таких фаз.

Фаза 1. Визначення попередньої підмножини обмежень CI в залежності від причин виникнення ситуації холодного старту.

Фаза 2. Уточнення підмножини обмежень з урахуванням інтервалу часу актуальності значень змінних у предметній області.

Фаза 3. Побудова залежностей на основі аналізу вхідних даних. На даній фазі використовуються

підходи інтелектуального аналізу даних для побудови причинно-наслідкових темпоральних залежностей.

Фаза 4. Використання отриманих залежностей для підготовки набору вхідних даних рекомендаційної системи.

На даній фазі може бути виконана як фільтрація, так і коригування вхідних даних. Мета фільтрації полягає в тому, щоб відібрати дані, що відповідають інтересам споживача на визначеному інтервалі часу. Мета коригування полягає в тому, що деталізувати дані, що відповідають базовим закономірностям вибору у даній предметній області.

Фаза 5 Використання традиційних методів побудови рекомендацій, наприклад методу колаборативної фільтрації.

4. Висновки

Розглянуто проблему підтримки вибору користувача при холодному старті рекомендаційної системи. Дана проблема виникає внаслідок недостатньої інформації про користувачів, об'єкти їх інтересу або зв'язки між ними. На практиці холодний старт рекомендаційної системи виникає в результаті появи нових користувачів, товарів, або суттєвої зміни інтересів існуючих споживачів.

Виконана структуризація даної проблеми дала можливість виділити різні аспекти холодного старту: поява нового користувача; поява нового об'єкту; зміна контексту вибору об'єктів користувачем; циклічні зміни інтересів споживачів з часом.

Запропоновано модель вибору об'єктів у нормальному режимі роботи рекомендаційної системи у вигляді системи предикатних обмежень, що визначають допустимі комбінації властивостей користувачів, об'єктів, контексту, а також динаміки змін інтересів користувачів.

Запропоновано модель вибору об'єктів в умовах холодного старту. Дана модель використовує підмножину обмежень для формування рекомендацій у нормальному режимі роботи.

Запропоновані моделі забезпечують можливість відфільтрувати вхідні дані з урахуванням найбільш суттєвих закономірностей вибору споживачів у даному контексті на даному інтервалі часу, що дає можливість спростити побудову рекомендацій для нових споживачів і нових об'єктів.

Запропоновано підхід до побудови рекомендацій в умовах обмежень холодного старту. Підхід передбачає формування підмножини причинно-наслідкових та темпоральних обмежень на основі інтелектуального аналізу вхідних даних рекомендаційної системи, а також подальше використання цих обмежень при побудові рекомендацій в умовах холодного старту.

Список літератури:

- [1] Ricci F., Rokach L., Shapira B. Recommender systems. Handbook. - Second Edition. – 2015. – 1008 p.
- [2] Aggarwal C. Recommender systems: The Textbook. – New York: Springer. – 2017. – 498 p.
- [3] Bernardi L. et al. The Continuous cold start problem in e-commerce recommender systems // The Computing Research Repository (CoRR) in arXiv. – Vol. 1508.01177. – 2015. – P. 1-6.
- [4] Koren Y. Collaborative Filtering with Temporal Dynamics // International conference on knowledge discovery and Data Mining (ACM SIGKDD). – 2009. – P. 447-456.
- [5] Xiang L., Yuan Q. Temporal recommendation on graphs via long-and short-term preference fusion // International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2010. – P. 723-732.
- [6] Elahi M., Ricci F., Rubens N. A survey of active learning in collaborative filtering recommender systems // Computer Science Review. – 2016. – Vol. 20. – P. 29-50.
- [7] Lika B., Kolomvatsos K., Hadjiefthymiades S. Facing the cold start problem in recommender systems. // Expert Systems with Applications. – 2014. – Vol. 41(4). – P. 2065-2073.
- [8] Adomavicius G. et al. Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach // ACM Transactions on Information Systems. – 2005. – Vol. 23(1). – P. 103-145.
- [9] Luo C., Cai X. Self-training Temporal Dynamics Collaborative Filtering // The Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD'14). – 2014. – P. 461-472.
- [10] Zhu Y. et al. Addressing the item cold-start problem by attribute-driven active learning // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2019. – P. 1-14.
- [11] Chalyi S., Pribylnova I. The method of constructing recommendations online on the temporal dynamics of user interests using multilayer graph // EUREKA: Physics and Engineering. – 2019. – Vol. 3. – P. 13-19.
- [12] Junker U. QUICKXPLAIN: Preferred explanations and relaxations for overconstrained problems // Proceedings of the 19th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI '04). – 2004. – P. 167-172.

Надійшла до редколегії 3.04.2019