

Ұсыныс жүйе түрлеріне салыстырмалы талдау

^{1*}**КАЙБАСОВА Динара Женисбековна**, PhD, аға оқытушы, dindgin@mail.ru,

¹**ЕСЛЯМОВ Арман Мейрамович**, магистрант, arman.eslyamov@gmail.com,

¹Қарағанды техникалық университеті, Қазақстан, 100027, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Жұмыста ұсыныс жүйелерінің негізгі алгоритмдері сипатталған. Ұсынымдарға мазмұнды баға беріледі, аталған әдістердің әрқайсысының артықшылықтары мен кемшіліктері сипатталады. Белгілі бір ұсыныс жүйелерін пайдаланатын қызметтерге шолу жасалады. Белгілі бір қызметтердегі ұсыныс жүйелерінің жұмысына талдау жасалады. Деректерді талдау негізінде ұсыныс жүйелерін жобалау алгоритмдері де қарастырылған.

Кілт сөздер: ұсыныс жүйе, ұсынымдар, коллаборативті сүзгілеу, item-based, user-based, контент негізінде сүзгілеу, білім негізінде сүзу, гибридік ұсыныс жүйелері.

Кіріспе

Біз материалдық және ақпараттық молшылық уақытында өмір сүріп жатырмыз. Сондықтан біз күн сайын таңдау жасаймыз және келесі сұрақтарды қоямыз: мен қандай камера, кітап, киім сатып аламын? Балаларыңызға қандай білім таңдау керек? Демалысқа қайда бару керек? Қандай кино көруге болады?

Нәтижесінде, біз шешім қабылдауға көмектесетін жеке ұсыныстар бере алатын бағдарлама туралы ойладық. Мұндай бағдарлама үшін алгоритм құру ұсыныс жүйелерін әзірлеумен айналысатын аймақтың басты міндеті болып табылады. Ал жүйенің мақсаты – пайдаланушылардың үлкен тобын қол жетімді ақпаратпен және жоғары сапалы ұсыныстармен қамтамасыз ету.

Қиындықтарға қарамастан, ұсыныс жүйелері жиырма-отыз жыл бұрын алғашқы пайда болғаннан бері белсенді дамып келеді. Мұндай алгоритмдердің ауқымы өте кең. Бүгінгі күні оларды жылжымайтын мүлік, қаржы, электроника, фильмдер, кітаптар, музыка жаңалықтары және т.б. салаларда кездестіруге болады. Статистика бойынша Amazon.com бір жыл ішінде шамамен 5 млрд транзакция жасалады, ал олардың шамамен 30% ұсынымдардан келеді. Осылайша, шамамен 125 млн бір айда сатып алу ұсыныстар арқылы жүзеге асырылады.

Ұсыныс жүйелерін қолданатын сервистер

Бүгінгі таңда барлық дерлік ірі қызметтердің ұсыныс жүйелері бар, мысалы:

Amazon.com Бұл тауарларды сатуға арналған ең ірі онлайн платформалардың бірі. Amazon.com сервиси негізгі маркетингтік құрал ретінде ұсыныс жүйелерін қолданады. Пайдаланушыларға жеке ұсыныстар, сондай-ақ оларға толықтырулар ұсынылады. Бұл клиенттерді бірнеше сатып алуға

ынталандырады, осылайша пайдаланушыларға көптеген басқа тауарларды іздеуге көп уақыт жұмсауға тура келмейді, ал дүкен өз сатылымдарын арттырады. Егер пайдаланушы өзіне қажет өнімді сатып алса, бірақ оған ұсынылған қосымша позицияларды сатып алмаса, ұсыныс жүйелері оны кейінірек жеке жарнамалық хабарлама арқылы еске түсіре алады.

imdb.com Бұл қызмет әлемдегі ең үлкен фильмдер базасы, онда пайдаланушылар фильмдерді он баллдық шкала бойынша бағалай алады. Содан кейін бағалар масштабталады және фильмге орташа балл беріледі, бұл фильмнің рейтингі. Сайтта пайдаланушы қойған бағалау негізінде қалыптасатын пайдаланушыға арналған ұсыныстар бар.

Last.fm Бұл онлайн музыка тыңдау қызметі өз пайдаланушыларына осы қолданушыға ұнайтын музыканы талдай отырып, жаңа композициялар мен альбомдарды ұсынады.

Facebook Бұл әлеуметтік желі пайдаланушы мен оның достары туралы ақпаратты талдайды және алынған ақпарат негізінде пайдаланушыға пайдаланушы таныс болуы мүмкін немесе оны қызықтыруы мүмкін байланыстар тізімін ұсынады. Сондай-ақ, әлеуметтік желі пайдаланушының жаңалықтар арнасына осы пайдаланушы қараған ақпарат негізінде оны қызықтыруы мүмкін жаңалықтар посттарын қосады.

Netflix Бұл қызмет бейне фильмдер мен сериалдарды қарау қызметтерін ұсынады. Компания алғашқы ірі ашық жарыстардың бірін өткізді, онда қатысушыларға Netflix-те бұрыннан бар ұсыныс жүйесін жақсарту ұсынылды. Басты жұлде – жеңімпаз әзірлеген ұсыныс жүйесін өнімді пайдалану және \$ 1 000 000 болды. Бұл жарыс ғылыми қоғамдастықтың үлкен қызығушылығын тудырды.

Google, Yandex, Mail.Ru Ұсынылған қызметтер сонымен қатар пайдаланушыларға мақсатты (таргетталған) жарнамаларды ұсына отырып, ұсыныс жүйелерін пайдаланады. Іздеу қызметтері ұсыныстар жасайды, соның негізінде олар клиенттердің сұранысы бойынша ұсыныстарды саралайды. Ұсыныс неғұрлым жақсы салынса, бұл пайдаланушы соғұрлым қызметке көп ақша әкеледі.

Ұсыныс жүйесі енгізілген әрбір қызметтің өзіндік ерекшелігі бар, оның негізінде ұсыныстар жасалады, бірақ әр ұсыныс жүйесінің мақсаты пайдаланушыға қызықты болатын объектілерді болжау болып табылады.

Ұсыныс жүйелерінің түрлері

Ұсыныс жүйесінің түрін таңдау ұсыныстар жасалатын қызметтің ерекшелігіне байланысты, сондықтан тақырып саласы шешуші рөл атқарады. Кейбір сайттар үшін ұсынылған ұсыныстардың дәлдігі мен сапасы маңызды, ал басқалары үшін – жұмыс жылдамдығын қамтамасыз ету, көптеген пайдаланушыларды қолдау. Сондай-ақ, көп нәрсе модельді іске асырудың рұқсат етілген күрделілігіне байланысты, өйткені даму шығындары бұған тікелей байланысты болады.

Бүгінгі таңда ұсыныстарды қалыптастырудың

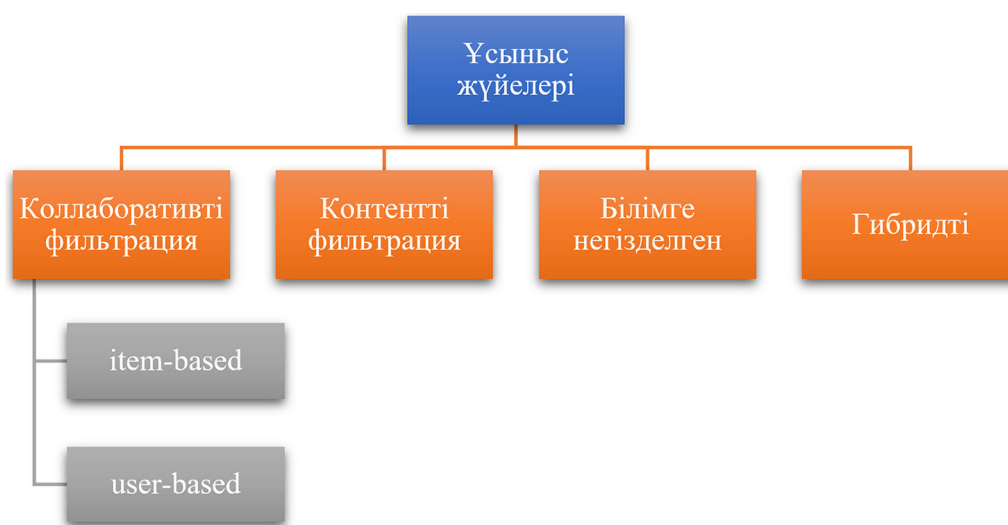
бірнеше тәсілдері бар [2] (сурет):

Әрине, осы түрлердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Әрбір типтегі ұсыныстардың сапасын салыстыру үшін зерттеу жүргізбестен, белгілі бір жағдайда қандай түрдің өзін жақсы көрсететінін нақты айту мүмкін емес.

Әрі қарай, ұсыныс жүйелерінің әр түрін қарастырамыз.

Collaborative filtering (коллаборативтік фильтрация). Коллаборативтік фильтрация термині алғаш рет корпоративті поштаны сүзу үшін құрылған Tapestry алғашқы коммерциялық ұсыныс жүйесі аясында айтылды. Ұсыныс жүйелерінің бұл түрі басқа пайдаланушылардың бағалауы немесе сатып алуы негізінде ұсыныстар ұсынады. Бірлескен сүзу пайдаланушылар туралы және осы пайдаланушылар бағалаған өнімдер туралы жиналған ақпаратқа негізделген. Осы мәліметтер негізінде матрица құрылады, оны әдетте user-item matrix деп атайды, ол ұсыныс жүйелерінің осы түрінің негізгі элементі болып табылады. Бұл матрицаның жолдары пайдаланушыларды білдіреді, бағандар нысандар болып табылады және олардың қиылысында і пайдаланушы объектіге орнатқан баға қойылады.

Мұндай матрицаның мысалы 1-кестеде



Ұсыныс жүйелерінің түрлері

1-кесте – User-item матрицасының мысалы

Пайдаланушы		Объектілер				
		Item 1	Item 2	Item 3	...	Item n
	User 1	2	3	-	...	5
	User 2	3	4	3	...	-
	User 3	3	2	-	...	3
	...	...	...	...	...	...
	User n	1	-	5	...	4

келтірілген:

Қысқаша айтқанда, коллаборативтік фильтрация алгоритмін екі әрекетте сипаттауға болады:

1. Әр пайдаланушы (объектілер) үшін басқа пайдаланушылар (объектілер) берілген пайдаланушыларға қаншалықты ұқсас екенін табу.

2. Басқа пайдаланушылардың (объектілердің) бағалауы бойынша, осы объектіге неғұрлым ұқсас пайдаланушылардың (объектілердің) пікірін көбірек ескере отырып, пайдаланушы қандай баға беретінін болжау.

«Ұқсас» пайдаланушылар немесе объектілер деп нені қарастыру керек деген сұрақ қалады. Пайдаланушылардың немесе объектілердің ұқсастық өлшемін есептеу үшін қолданылатын бірнеше әдіс бар. Алайда, көп жағдайда user-item матрицасы негізінде ұқсастық матрицасы немесе similarity matrix құрылады.

Айта кету керек, коллаборативтік фильтрация тағы екі бағытқа бөлінеді: пайдаланушы-негіз және элемент-негіз, олардың әрқайсысында ұқсастық матрицасын есептеуге өзіндік көзқарас бар [1].

User-based. Атауында тұрғандай бұл түр ұқсас пайдаланушыларды табуға негізделген. Осы подтип қолданған кезде бір пайдаланушының екіншісіне ұқсауының мәні екі қолданушы бағалаған объектілер негізінде есептеледі [4].

Item-based. Бұл түрді пайдалану кезінде екі объектінің ұқсастық өлшемі қолданылады, ол салыстырылатын екі нысанды да бағалаған пайдаланушылардан объектілерді бағалау негізінде есептеледі (2-кесте) [5]:

Коллаборативтік фильтрация әдісін қолдана отырып, болжамдарды құру кезінде ұсыныстар жүйенің барлық қатысушыларынан ақпарат жиналғанына қарамастан, әр пайдаланушы үшін жеке жасалады.

Коллаборативтік фильтрация арқылы құрылған ұсыныс жүйелерінің артықшылықтары:

- Жоғары дәлдік

- Қарапайым іске асыру. Бұл тәсіл өте қарапайым және тез жүзеге асырылуы мүмкін, бірақ соған қарамастан ол болжамдардың жоғары дәлдігін бере алады.

- Тәсілдің жоғары амбебаптығы. Коллаборативтік фильтрация әдісі ең амбебап тәсіл болып табылады, өйткені ол объектілер мен пәндік аймақ туралы ешқандай ақпаратты қажет етпейді.

Жүйенің бұл түрінің басты кемшілігі – «Суық бастау» мәселесі, бұл қызметтің басында пайдаланушылар немесе объектілер туралы ақпараттың болмауы.

Ұсыныс жүйелерін құру үшін коллаборативтік фильтрация қолданатын қызметтер – Netflix, MovieLens.

Content base (контентке негізделген). Content-base ұсыныс жүйелері белгілі бір өнім туралы жиналған ақпарат негізінде ұсыныстар ұсынады. Осы типтегі ұсыныстар тақырыптар туралы білімді қолданады және осы объектілерді пайдаланушылардың бағаларын елемейді. Кіріс ақпарат ретінде жүйелер қарастырылып отырған объектілердің қасиеттерін пайдаланады, мысалы, өндіруші, автор, жанр және т.б. [8].

Бұл тәсілдің коллаборативтік фильтрациядан айырмашылығы, бұл жағдайда пайдаланушылардан объектілерді бағалауды сұрау талап етілмейді. Осылайша, мазмұнға негізделген ұсыныс жүйелерін қолдана отырып, жаңа, бейтаныс пайдаланушыларға ұсыныстар жасауға болады, олардың көмегімен жаңа пайдаланушылар тартылады, сонымен қатар әлі бағаланбаған нысандарды ұсынуға болады.

Content-base ұсыныс жүйелерінің артықшылықтары:

- Жаңа пайдаланушыға ұсыныс жасау мүмкіндігі

- Жаңа нысандарды ұсыну мүмкіндігі

Ұсыныс жүйелерінің бұл түрінің кемшіліктері:

- Төмен дәлдік. Бұл түрі пайдаланушылардың объектілер туралы пікірін ескермегендіктен, бұл оларға қызықты емес объектілерді ұсынуға әкелуі мүмкін және бұл өз кезегінде көптеген пайдаланушыларды қорқытуы мүмкін.

- Әзірлеу уақыты жоғары. Әзірлеу уақыты артып келеді, себебі объектілер туралы мәліметтерді жинау қажет. Бұл әсіресе интернет-дүкендер жағдайында қиын болуы мүмкін, өйткені олардың өнімдері әртүрлі пәндік аймақтардан мүлдем тыс болуы мүмкін.

Мазмұнға негізделген ең белсенді ұсыныс жүйелері мәтіндік құжаттарды ұсыну үшін қолданылады. Мысалы, Prismatic және оның ресейлік әріптесі Surfingbird сияқты қызметтер ұсынымдардың осы түрін қолданады.

Knowledge-based (білімге негізделген). Бұрын Content – base типтегі ұсыныс жүйелері knowledge-based ұсыныс жүйелерінің ерекше

2-кесте – Объектілердің ұқсастығын есептеу мысалы

	Item 1	Item 2	Item 3	...	Item n
User 1	2	3	-	...	5
User 2	3	4	3	...	4
User 3	3	2	-	...	3
...	...	...	...	...	...
User n	1	-	5	...	4

жағдайы ретінде ерекшеленетінін жиі кездестіруге болады, алайда контентке негізделген ұсыныс жүйелері соншалықты танымал болғандықтан олар жеке түр ретінде қарастырыла басталды [7].

Сонымен, knowledge-base жүйелері тақырып саласы туралы білімге негізделген және пайдаланушылардың бағаларын ескермейді. Алайда, content-base ұсыныстарынан айырмашылығы, мұнда жүйе тек пайдаланушы профилі мен объект профилі туралы деректерді ғана емес, сонымен қатар объектілерді бағалауға көмектесетін кез-келген басқа деректерге негізделуі мүмкін. Білімге негізделген ұсыныс жүйелерінің бірнеше кіші түрлері бар:

- **Case-based.** Бұл подтип қосымша ақпарат ретінде пайдаланушының талаптарын ұсынады. Тиісінше, ұсыныс жүйесі талаптарға дәл сәйкес келетін объектілерді ұсыну міндетіне ие. Талаптарды жинау пайдаланушының объект параметрлерін толтырудан бастап іздеу сұрауының парсингіне дейін әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылуы мүмкін.

- **Demographic-based.** Бұл жағдайда жүйеде пайдаланушы туралы жеке деректер ескеріледі. Бұл қызметке қолжетімді кез-келген ақпарат болуы мүмкін, мысалы: жынысы, жасы, кірісі, тұрғылықты жері және т. б.

- **Utility-based.** Объекттерді ұсыну оның пайдаланушы үшін пайдалылығын есептеу негізінде жүзеге асырылады.

Бұл knowledge-base ұсыныс жүйелерінің ең танымал қосалқы түрлері ғана, бірақ сонымен бірге іске асырудың көптеген басқа нұсқалары бар. Әрбір пәндік салада қосымша критерийлер ұсынылуы мүмкін, олардың көмегімен ұсыныстарды саралаудың жақсы сапасына қол жеткізуге болады.

Осы типтегі ұсыныс жүйелерінің артықшылықтары:

- **Жоғары дәлдік.** Өте икемді күйге келтіру мүмкіндігінің арқасында мұндай жүйелер тек ұқсастық өлшемінен гөрі күрделі қатынастар туралы ұсыныстар бере алады. Сондай-ақ, ұсыныстарды құру кезінде қолданылатын қосымша ақпараттың арқасында маңызды емес объектілердің ұсыныстарын алып тастауға болады.

Ұсыныс жүйелерінің бұл түрінің кемшіліктері:

- **Әзірлеудің жоғары күрделілігі.** Бұл кемшілік knowledge-base жүйелерінің артықшылықтарынан туындайды. Мұндай жүйені сапалы зерттеу және күйге келтіру үшін сізге тақырыпты, білікті мамандарды және көп уақытты қажет етеді.

- **Ақпаратты жинау.** Ұсыныс жүйесінің барлық түрлерінің ішінде knowledge-based жүйелері деректерге ең талапшыл болып табылады, өйткені оларды әзірлеу үшін ақпарат қажет, оны жинау әр түрлі көздерді қолдануды қажет етуі мүмкін.

Ұсыныс жүйелерінің бұл түрі ірі Интернет-дүкендер арасында кеңінен қолданылады, олардың ішінде ресейлік Связной қызметі.

Hybrid (гибридті). Жоғарыда аталған түрлердің кез-келген комбинациясы гибриді ұсыныс жүйелеріне жатады. Коллаборативті фильтрацияның ең белсенді комбинациясы мазмұнға негізделген ұсыныстармен бірге қолданылады [3]. Бұл жеке түрлердің кемшіліктерін өтеуге көмектеседі, мысалы, бірлескен сүзгілеу үшін суық басталу проблемасының әсерін айтарлықтай азайтады.

Іс жүзінде өнеркәсіптік мақсаттарда қолданылатын ұсыныс жүйелерінің көпшілігі дәл гибриді болып табылады.

Гибридті жүйелер бұрын сипатталған әдістердің кемшіліктерімен күресуге көмектесетініне қарамастан, олар мұндай жүйені жобалау кезінде жауап беру үшін «Қандай тәсілдерді біріктіруге болады және оны жасау үшін қандай шарттар орындалуы керек?» деген сұрақты қалдырады[6].

Қорыта келгенде, ұсыныс жүйелерді құрудағы үш негізгі тәсіл әр түрлі негізгі ақпаратты пайдаланады және мықты және әлсіз жақтарға ие, олар 3-кестеде келтірілген. Мысалға, *интуитивтілік* қасиеті пайдаланушы тиісті іздеуді бастамаған кезде де, тиісті объектілерді табуда кездейсоқтықтың бір түрі ретінде түсіндірілуі мүмкін. Бұл әсерге, ең алдымен, бірлескен сүзу тәсілдерін қолдану арқылы қол жеткізуге болады. Ал білімге негізделген ұсыныс жүйелеріндегі ережелер әр уақытта жаңадан енгізілген деректерге қолмен *бейімделуі* керек.

Сонымен қатар, ұсыныс жүйелері келесі қасиеттерге ие болуы керек: жүйе белгілі бір пайдаланушыға бейімделуі керек, өйткені қалау әр

3-кесте – Негізгі ұсыным тәсілдерінің сипаттамаларын салыстыру

Қасиеттері	Ұсыныс жүйесі	Коллаборативті фильтрация	Контентті фильтрация	Білімге негізделген
Жылдам орналастыру		Иә	Иә	Жоқ
Бейімділігі		Иә	Иә	Жоқ
Интуитивтілігі		Иә	Жоқ	Жоқ
Суық бастау		Иә	Иә	Жоқ
Ашықтық		Жоқ	Жоқ	Иә
Қатысудың жоғары дәрежесі		Жоқ	Жоқ	Иә

адамнан айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін; жүйе қолданушының уақыт бойынша оған бейімделе отырып, оның қазіргі таңдауларын ескеруі керек; жүйе үнемі ақпараттың жаңа бағыттарын тауып, оларды қолданушыға ұсынуы керек. Мұның бәрі ұсыныс механизмдеріне негізделген ресурстарды пайдаланушы үшін тартымды етеді.

Қорытынды

Ұсыныс жүйелері бүгінде тез танымал бола бастады, дегенмен идеяның өзі жаңа емес, бірақ қазіргі уақытта оларды пайдалану қажеттілігі ғана емес, сонымен қатар ұсыныс алгоритмдерін сапалы жүзеге асырудың техникалық мүмкіндігі

пайда болды.

Пайдаланылған алгоритмдердің көптеген өзгерістері және олардың комбинацияларының одан да көп саны бар. Бұл ұсыныс жүйесін жүзеге асыруда үлкен икемділік береді және кез-келген пәндік салада сапалы нәтиже алуға мүмкіндік береді. Алайда, екінші жағынан, мұндай әдістердің көптігі әзірлеушілерден қолданыстағы алгоритмдерді сапалы талдауды талап етеді, өйткені ұсыныс жүйесін іске асырудың қай әдісі қажетті саладағы ұсыныстардың максималды сапасын көрсететінін алдын-ала сенімді түрде айту мүмкін емес.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Introduction to recommender systems handbook // Recommender systems handbook. – Springer US, 2011. – pp. 1-35.
2. Melville P., Sindhwan V. Recommender systems // Encyclopedia of machine learning. – Springer US, 2011. – pp. 829-838.
3. Burke R. Recommender Systems: An Introduction, by Dietmar Jannach, Markus Zanker, Alexander Felfernig, and Gerhard Friedrich: Cambridge University Press, 2011. 336 pages. ISBN: 978-0-521-49336-9. – 2012.
4. Shani G., Gunawardana A. Evaluating recommendation systems // Recommender systems handbook. – Springer, Boston, MA, 2011. – pp. 257-297.
5. Sarwar B. et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms // Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web. – ACM, 2001. – pp. 285-295.
6. Amatriain X. et al. Data mining methods for recommender systems // Recommender Systems Handbook. – 2010. – pp. 257-297.
7. Su X., Khoshgoftaar T.M. A survey of collaborative filtering techniques // Advances in artificial intelligence. – 2009. – T. 2009. – p. 4.
8. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions // IEEE transactions on knowledge and data engineering. – 2005. – T. 17. – no. 6. – pp. 734-749.

Сравнительный анализ характеристик рекомендательных систем

¹*КАЙБАСОВА Динара Женисбековна, PhD, ст. преподаватель, dindgin@mail.ru,

¹ЕСЛЯМОВ Арман Мейрамович, магистрант, arman.eslyamov@gmail.com,

¹Карагандинский технический университет, Казахстан, 100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В работе описаны основные алгоритмы рекомендательных систем. Дается содержательная оценка рекомендаций, описываются преимущества и недостатки каждого из перечисленных методов. Предоставляется обзор сервисов, использующих те или иные системы рекомендаций. Проводится анализ работы рекомендательных систем в определенных службах. Также рассмотрены алгоритмы проектирования рекомендательных систем на основе анализа данных.

Ключевые слова: рекомендательная система, рекомендации, коллаборативная фильтрация, item-based, user-based, фильтрация на основе контента, фильтрация на основе знаний, гибридные рекомендательные системы.

Comparative Analysis of the Characteristics of Recommendation Systems

¹*KAIBASSOVA Dinara, PhD, Senior Lecturer, dindgin@mail.ru,

¹YESSLYAMOV Arman, master student, arman.eslyamov@gmail.com,

¹Karaganda Technical University, Kazakhstan, 100027, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. The paper describes the main algorithms of recommendation systems. A meaningful assessment of the recommendations is given, and the advantages and disadvantages of each of these methods are described. An overview of the services that use certain recommendation systems is provided. The work of recommendation systems in certain services is analyzed. Also describes the algorithms for the design of recommender systems based on the analysis of data.

Keywords: recommendation system, recommendations, collaborative filtering, item-based, user-based, content-based filtering, knowledge-based filtering, hybrid recommendation systems.

REFERENCES

1. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Introduction to recommender systems handbook // Recommender systems handbook. – springer US, 2011. – pp. 1-35.
2. Melville P., Sindhvani V. Recommender systems // Encyclopedia of machine learning. – Springer US, 2011. – pp. 829-838.
3. Burke R. Recommender Systems: An Introduction, by Dietmar Jannach, Markus Zanker, Alexander Felfernig, and Gerhard Friedrich: Cambridge University Press, 2011. 336 pages. ISBN: 978-0-521-49336-9. – 2012.
4. Shani G., Gunawardana A. Evaluating recommendation systems // Recommender systems handbook. – Springer, Boston, MA, 2011. – pp. 257-297.
5. Sarwar B. et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms // Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web. – ACM, 2001. – pp. 285-295.
6. Amatriain X. et al. Data mining methods for recommender systems // Recommender Systems Handbook. – 2010. – pp. 257-297.
7. Su X., Khoshgoftaar T.M. A survey of collaborative filtering techniques // Advances in artificial intelligence. – 2009. – T. 2009. – p. 4.
8. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions // IEEE transactions on knowledge and data engineering. – 2005. – T. 17. – no. 6. – pp. 734-749.