

УЛУЧШЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПЛАТФОРМ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Подготовил студент группы э401 Кабанов И. Д.

Научный руководитель: Елицур Д. А.

Научный консультант: Андрейцев А. И.

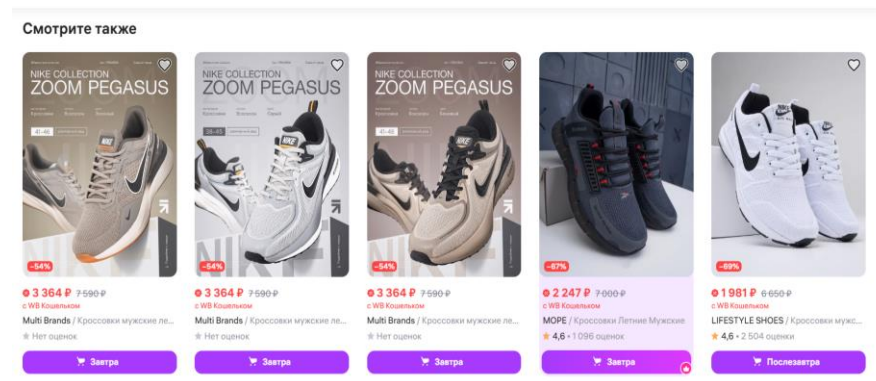
Рекомендательные системы

Цели в электронной коммерции.

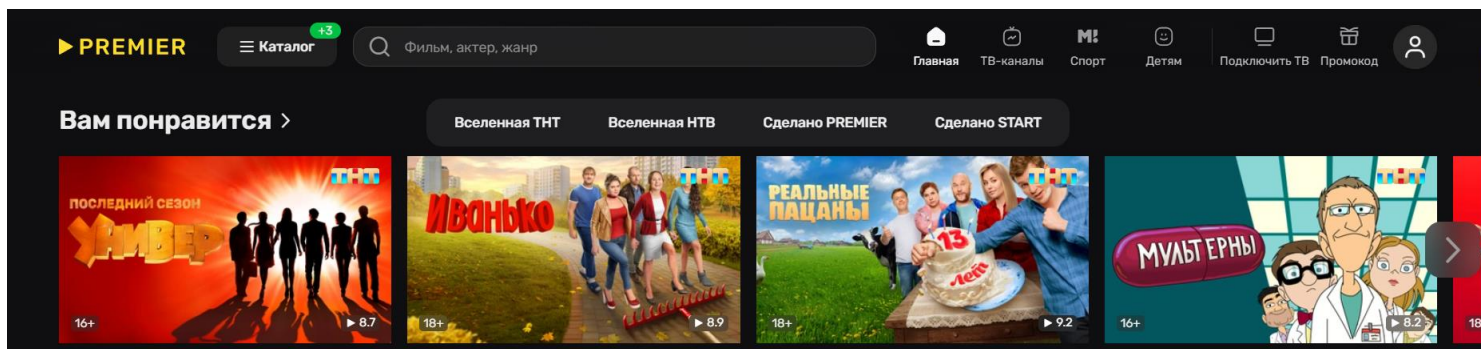
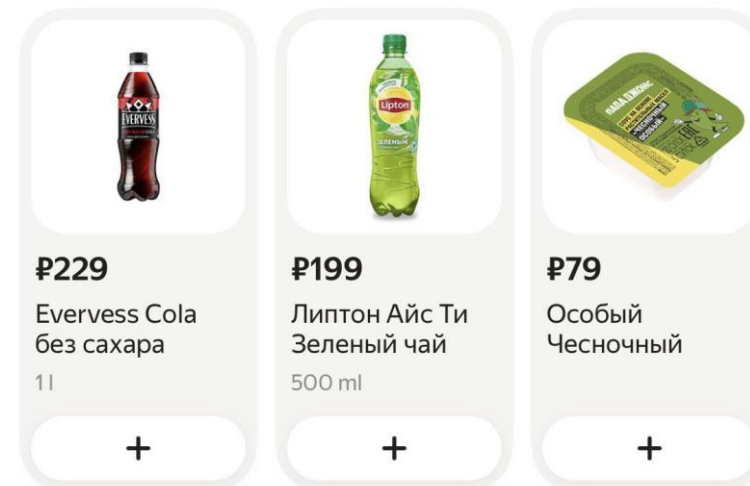
1. Рост продаж

2. Улучшение пользовательского опыта → Рост продаж.

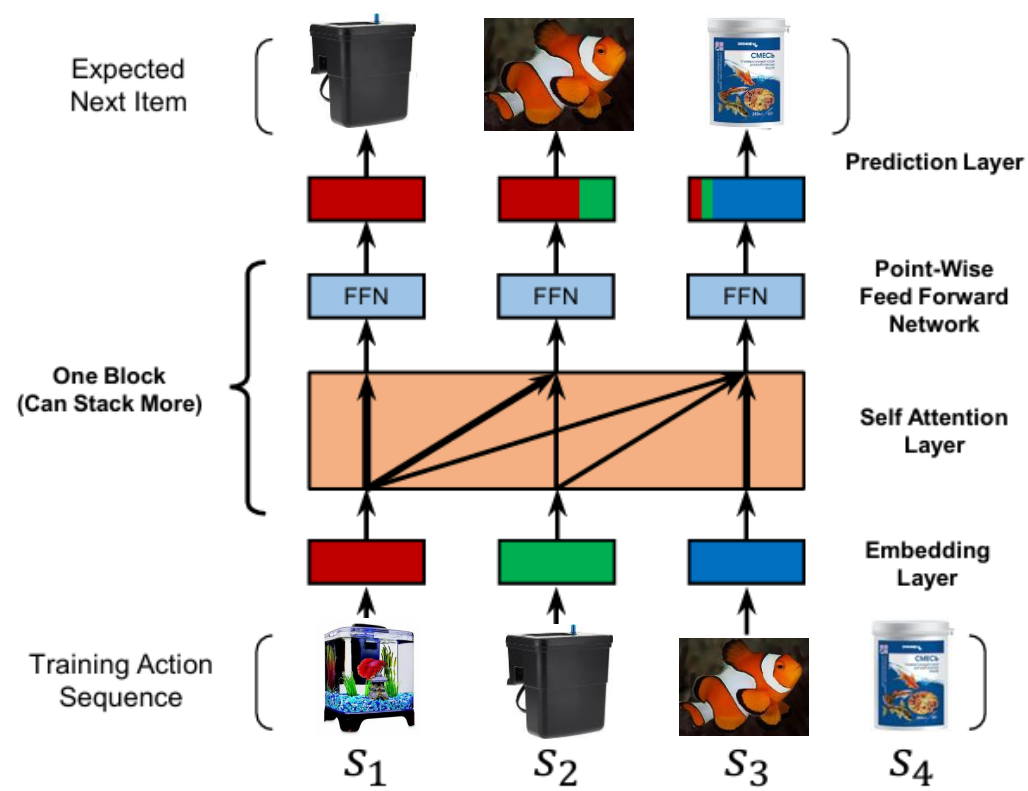
3. Увеличение лояльности продавцов → Увеличение разнообразие ассортимента → Улучшение пользовательского опыта → Рост продаж. [Ye et al, 2023]



Anything else?



Последовательная модель рекомендаций SASREC



[Kang, McAuley, 2018]

Мотивация исследования

- 1) Проверить точность рекомендаций последовательной модели SASRec на новом типе датасета [Ferrari et. al, 2019]
- 2) Оценить соответствие рекомендаций потребностям бизнеса [Abdollahpouri H. et al, 2019]
- 3) Содержательно описать выданные моделью рекомендации для её применения в бизнесе [Wagstaff, 2012; Rudin and Wagstaff, 2014; Lo Piano, 2020]

Постановка исследовательского вопроса

Цель работы – Провести комплексный анализ качества и содержания рекомендаций модели SASRec для её внедрения в бизнес онлайн-ритейла товаров для животных.

Исследовательский вопрос – Какими потенциально полезными для бизнеса качествами обладает модель SASRec и как рекомендуемые ею товары зависят от пользовательской истории?

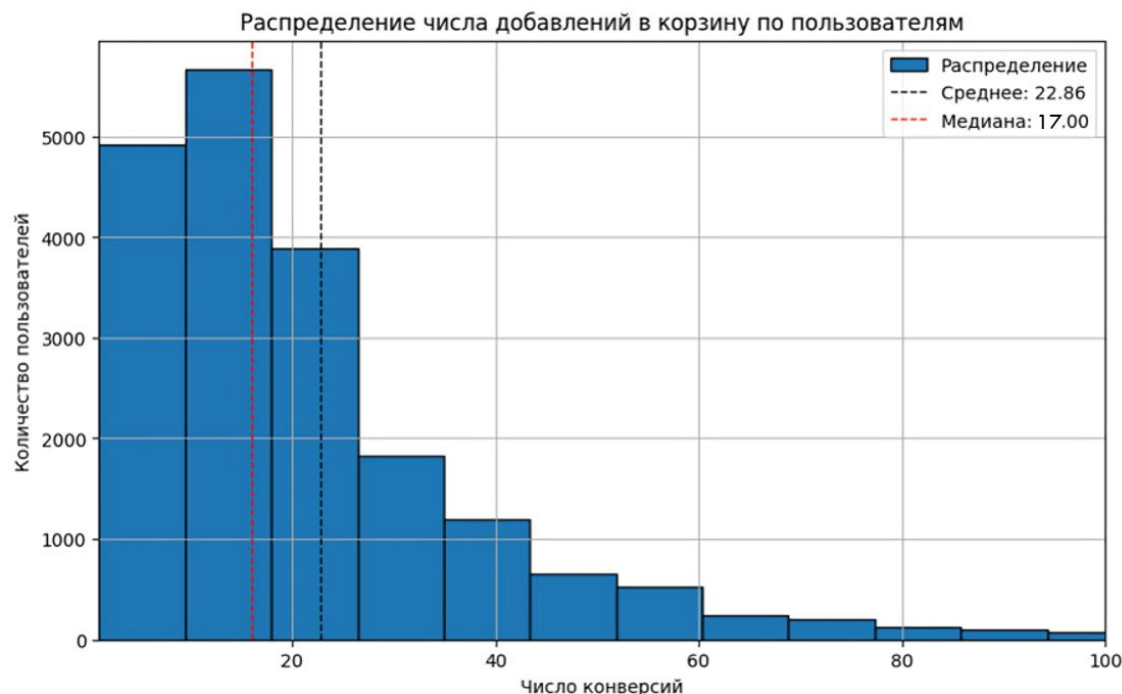
Данные

Исторические действия пользователей онлайн зоомагазина PetCo и весь каталог товаров за вторую половину 2024 года.

Товаров: 32 тысячи

Пользователей: 20 тысяч

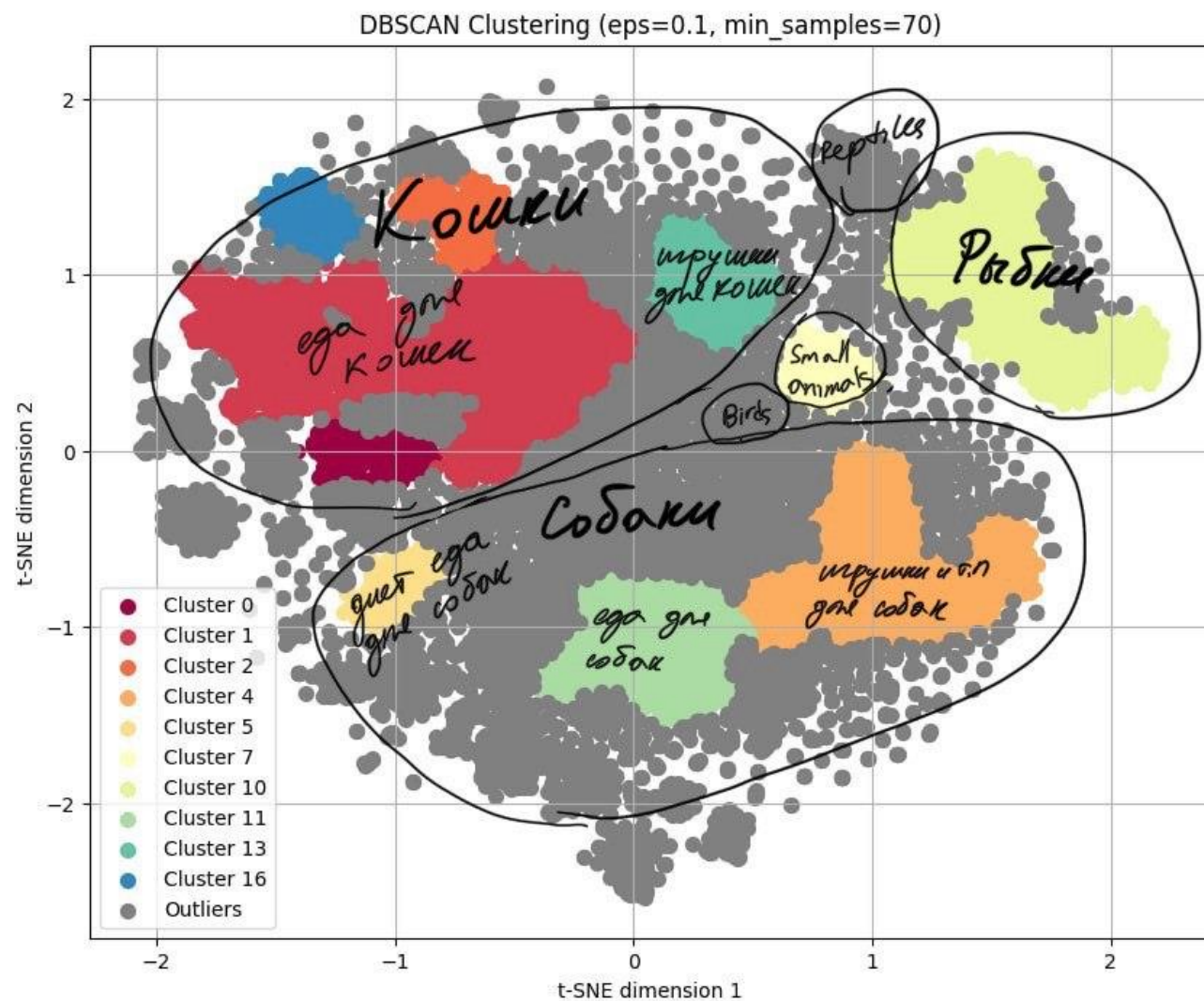
Добавлений в корзину: 450 тысяч



Тестирование модели

Модели	HitRate@5	NDCG@5	ARP@5	Novelty@5	Coverage@5	Static Diversity@5	Temporal Diversity@5	Serendipity@5
a) PopGlobal	0,01	0,007	2,3E-03	5,7	0	0,41	0	0,44
b) PopCat	0,008	0,005	1,7E-03	6,2	0	0,43	0	0,46
c) PopUser	0,21	0,142	4,1E-04	8,6	0,37	0,36	0,07	0,34
d) BPR	0,061	0,039	4,3E-04	7,9	0,06	0,32	0,82	0,35
e) ALS	0,126	0,085	7,1E-04	7,3	0,05	0,27	0,91	0,33
f) ItemKNN CF	0,164	0,113	6,3E-04	7,7	0,13	0,3	0,84	0,34
g) SASRec	0,218	0,15	3,6E-04	8,5	0,27	0,29	0,58	0,32
Улучшение с a-c	3,8%	5,6%	-12,2%	-1,2%	-27,0%	-32,6%	728,6%	-30,4%
Улучшение с d-f	32,9%	32,7%	-16,3%	7,6%	107,7%	-9,4%	-36,3%	-8,6%
	Точность		Персонализация			Разнообразие		Новизна

Кластеризация пользовательских историй



Пример пользовательской истории

user 733322 conversions from cluster 11



ID: 5051712
JustFoodForDogs
Daily Diets Turkey &
Whole Wheat Macaroni
Frozen Dog Food



ID: 5018065
San Francisco Bay
Brand Frozen
Bloodworms



ID: 5100965
Marineland 450
Emperor PLO Power
Filter, Multi Stage
Aquarium Filtration



ID: 5024651
San Francisco Bay
Brand Frozen
Silverfishes



ID: 5024653
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumbdrops Floating
Fish Food Brine
Shrimp



ID: 5068858
San Francisco Bay
Brand Frozen Knif
Flat Pack



ID: 5024654
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumbdrops Floating
Fish Food Bloodworms



ID: 5024654
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumbdrops Floating
Fish Food Bloodworms



ID: 5024654
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumbdrops Floating
Fish Food Bloodworms



ID: 5024648
San Francisco Bay
BrandFrozen
Bay Brand Fish Gums
Drops Bloodworms



ID: 5024653
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumbdrops Floating
Fish Food Brine
Shrimp



ID: 5018067
San Francisco Bay
Brand Frozen Knif



ID: 5024651
San Francisco Bay
Brand Frozen
Silverfishes



ID: 5197746
Otter Fresh Pork
Dish with Apples
Fresh Frozen Dog
Food



ID: 5051734
JustFoodForDogs
Daily Diets Venison
& Squash Frozen Dog
Food



ID: 5051712
JustFoodForDogs
Daily Diets Turkey &
Whole Wheat Macaroni
Frozen Dog Food



ID: 5051706
JustFoodForDogs
Daily Diets Fish &
Sweet Potato Frozen
Dog Food



ID: 5024653
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumbdrops Floating
Fish Food Brine
Shrimp



ID: 5024651
San Francisco Bay
Brand Frozen
Silverfishes



ID: 115952
Zilla Turtle Chasers
Aquatic Turtle
Treats



ID: 5020948
Imaginarium Green
Hairgrass Plastic
Aquarium Plant



ID: 3584
Hikari Tropical
Algae Wafers for
Plecostomus & Algae
Eaters



ID: 116578
Omega One Super
Color Flakes



ID: 5169734
Gofish Wafers for
Sharks and Cory
Catfish Bottom
Feeding Fish Food



ID: 5234298
Merry Mornings
Pickle Earmuffs Dog
Toy



ID: 3985
Hikari Tropical
Sinking Wafers for
Catfish, Loaches &
Bottom Feeders



ID: 107828
Brown's Encore
Premium Cockatiel
Food



ID: 107828
Brown's Encore
Premium Cockatiel
Food



ID: 125896
Brown's Encore
Classic Parrot Food



ID: 107828
Brown's Encore
Premium Cockatiel
Food

Примеры рекомендаций

BPR Recommendations



ID: 5190296
Imagitarium Aquarium
Gravel Substrate



ID: 5024605
Frozen Spirulina
Brine Shrimp



ID: 115417
Zoo Med Natural Full
Cork Round Reptile
Hideaway



ID: 2896
API Stress Coat
Aquarium Water
Conditioner



ID: 5184226
Fritz Aquatics Fresh
Aquarium Water

PopUserModel Recommendations



ID: 107828
Brown's Encore
Premium Cockatiel
Food



ID: 5024651
San Francisco Bay
Brand Frozen
Silversides



ID: 5024653
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumdrops Floating
Fish Food Brine
Shrimp



ID: 5024654
San Francisco Bay
Brand Frozen
Gumdrops Floating
Fish Food Bloodworms



ID: 5051732
JustFoodForDogs
Daily Diets Turkey &
Whole Wheat Macaroni
Frozen Dog Food

SASRec Recommendations



ID: 107828
Brown's Encore
Premium Cockatiel
Food



ID: 125896
Brown's Encore
Classic Parrot Food



ID: 107827
Brown's Encore
Premium Parrot Food

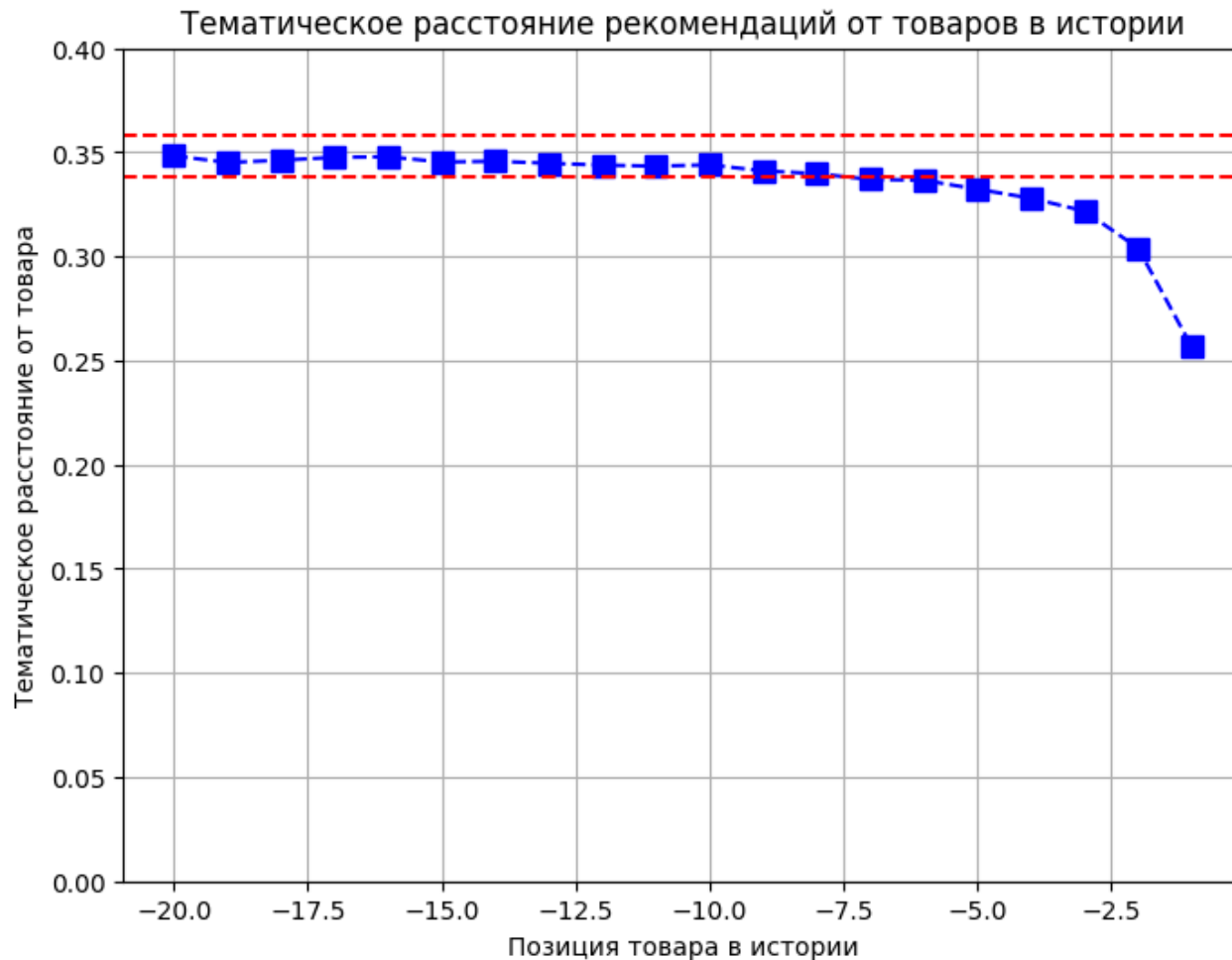


ID: 120599
Higgins Safflower
Gold Natural Food
Mix for Conures &
Cockatiels



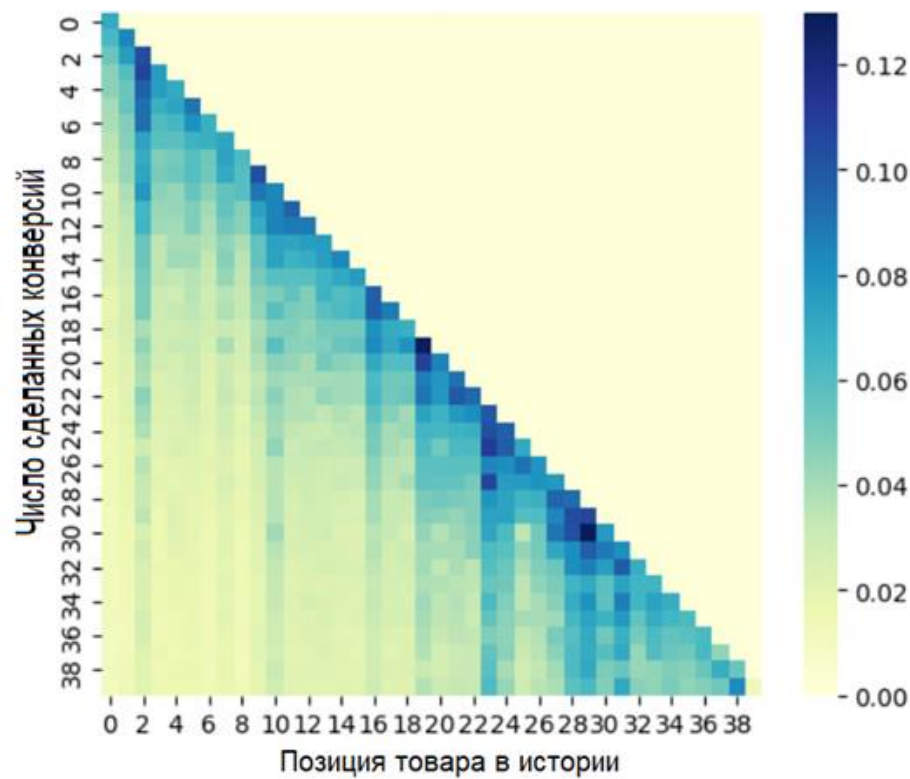
ID: 6084
Kaytee Supreme Daily
Blend Cockatiel Food

Различие рекомендаций от товаров в истории



Гипотеза: В данном датасете товары, предлагаемые моделью SASRec, тематически более похожи на последние товары в истории пользователя.

Важность позиции товара в истории



Гипотеза: На данном датасете более ранние товары в истории (которые были добавлены в корзину до последних 15 элементов) не влияют на рекомендации уже обученной модели SASRec.

Товары в истории	HitRate@5	NDCG@5	ARP@5	Novelty@5
Оригинальные	0,078	0,053	3,98E-04	8,38
Последние 15	0,076	0,052	4,12E-04	8,4
Разница	-2,56%	-1,89%	3,52%	0,24%

Товары в истории	Static_Diversity@5	Temporal_Diversity@5	Serendipity@5
Оригинальные	0,265	0,568	0,344
Последние 15	0,278	0,571	0,345
Разница	4,91%	0,53%	0,29%

Выводы

ДОСТОИНСТВА	НЕДОСТАТКИ
<ul style="list-style-type: none">• Высокая персонализация• Высокая релевантность с точки зрения добавлений в корзину• Подходит для предложения похожих альтернативных товаров	<ul style="list-style-type: none">• Слабо поддерживается интерес пользователя к платформе• Модель не открывает для пользователя новые категории товаров• Не использует долгосрочные паттерны в поведении пользователей

Приложения

NDCG

Для отдельного пользователя Discounted Cumulative Gain равен

$$DCG@5_{user} = \sum_{k=1}^5 \frac{rel(k)}{\log_2(k+1)},$$

где k – ранг товара в списке рекомендаций и $rel(k)$ – индикатор удачной рекомендации.

Novelty

Более подробно стоит сказать про метрику Novelty@5, которая часто используется для подсчета новизны рекомендованных товаров.

$$Novelty_{user} = \frac{1}{|R_{user}|} \sum_{i \in R_{user}} -\log \frac{n_{users}(i)}{n_{users}},$$

где $\frac{n_{users}(i)}{n_{users}}$ обозначает долю людей, которые раньше взаимодействовали с товаром i , R_{user} обозначает набор товаров, рекомендованных для пользователя $user$.

Diversity

Для подсчёта разнообразия товаров внутри списка рекомендаций я использовал одну из наиболее общепринятых метрик Intra-List Diversity (ILD) (среднее попарное косинусное расстояние между товарами в одном списке рекомендаций) [Du et al., 2021]:

$$ILD_{user} = \frac{2}{|R_{user}|(|R_{user}| - 1)} \sum_{\forall (1 \leq i \leq j \leq |R_{user}|)} (1 - \text{sim}(R_{user}[i], R_{user}[j]))$$

$\text{sim}(R_{user}[i], R_{user}[j])$ – косинусная близость между эмбедингами товаров с рангами i и j , R_{user} обозначает набор товаров, рекомендованных для пользователя $user$

Temporal Diversity

Разнообразие для каждого пользователя будет считаться, как доля элементов нового листа L_2 , которых нет в L_1 :

$$\textit{Temporal diversity}(L_1, L_2) = \frac{|L_2 \setminus L_1|}{|L_2|}$$

Частичный список использованной литературы.

del Rio-Chanona R. M. et al. Supply and demand shocks in the COVID-19 pandemic: An industry and occupation perspective //Oxford Review of Economic Policy. – 2020. – Т. 36. – №. Supplement_1. – С. S94-S137.

Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – Т. 30.

Kang W. C., McAuley J. Self-attentive sequential recommendation //2018 IEEE international conference on data mining (ICDM). – IEEE, 2018. – С. 197-206.

Ferrari Dacrema M., Cremonesi P., Jannach D. Are we really making much progress? A worrying analysis of recent neural recommendation approaches //Proceedings of the 13th ACM conference on recommender systems. – 2019. – С. 101-109.

Abdollahpouri H. et al. The unfairness of popularity bias in recommendation //arXiv preprint arXiv:1907.13286. – 2019.

Ye Z. et al. Seller-side Outcome Fairness in Online Marketplaces //arXiv preprint arXiv:2312.03253. – 2023.

Хорошие рекомендации – это выгодно!

- Amazon: ПРОДАЖИ **+35%** за счет комплементарных товаров
(<https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/how-retailers-can-keep-up-with-consumers>)
- Leshop: продажи **+17%** за счет персонализации рекомендованных товаров
[Dias et Al., 2008]
- Netflix: персонализация рекомендаций увеличила удержание клиентов и экономит ежегодно около **\$1 млрд.** [Gomez-Uribe, Hunt, 2015],
- Вкусвилл: рост коэффициента конверсии с 3% до 10 % **(+7 п.п.)**
(https://www.retail.ru/cases/dva-v-odnom-kak-s-pomoshchyu-rekomendatelnoy-sistemy-uvelichit-pribyl-i-podruzhitsya-s-pokupatelyami/?utm_source=chatgpt.com)
- Alibaba: продажи **+20%** за счет персонализации рекомендаций
(https://gidcomp.com/en/alibaba-a-success-case-driven-by-artificial-intelligence/?utm_source=chatgpt.com)

Новизна исследования

1. Новый тип датасета для оценки свойств рекомендаций модели SASRec – каталог онлайн-магазина товаров для животных компании Petco.
2. Более комплексный анализ рекомендаций модели SASRec, чем встречается в научной среде
 - Использование нестандартных метрик для оценивания свойств рекомендаций
 - Визуальный анализ репрезентативных моделей
 - Проверка гипотез о зависимости рекомендации модели SASRec от последовательной структуры пользовательской истории



ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА РЕКОМЕНДАЦИЙ

ЦЕЛЬ	ТРЕБУЕМОЕ СВОЙСТВО
УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОДАЖ С РЕКОМЕНДАЦИЙ	РЕЛЕВАНТНОСТЬ (С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЦЕЛЕВОГО ДЕЙСТВИЯ)
ЗНАКОМСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С НОВЫМИ ВИДАМИ ТОВАРОВ	НОВИЗНА, НЕОЖИДАННОСТЬ
БОРЬБА С ПЕРЕИЗБЫТКОМ ВЫБОРА	ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ
УВЕЛИЧЕНИЕ ИНТЕРЕСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ К ПЛАТФОРМЕ	РАЗНООБРАЗИЕ ВО ВРЕМЕНИ

Разбиение датасета для обучения

user 154695 conversions from cluster 1



ID: 5047784
Cats in the Kitchen
Originals Kitty Gone
Wild Wild Salmon
Recipe Au Jus Wet
Cat Food



ID: 5048275
B.F.F. OMG Love
Munchin! Chicken &
Pumpkin Dinner in
Gravy Wet Cat Food



ID: 5047882
Weruva Pate Who
Wants to be a
Meowionaire? Chicken
& Pumpkin Dinner in
a Hydrating Puree
Wet Cat Food



ID: 5123768
Weruva Pate Press
Your Dinner! Chicken
Breast Dinner in a
Hydrating Puree Wet
Cat Food



ID: 126355
NUTRAMAX COSEQUIN
Maximum Strength
Joint Supplement for
Cats



ID: 5003927
Arm & Hammer Clump &
Seal Multi-Cat Odor
Sealing Cat Litter



ID: 5109967
EveryYay Plush Dog
Crate Mat



ID: 5109967
EveryYay Plush Dog
Crate Mat



ID: 5109967
EveryYay Plush Dog
Crate Mat



ID: 5048264
B.F.F. OMG Cloud 9
Chicken Dinner in
Gravy Wet Cat Food



ID: 5047784
Cats in the Kitchen
Originals Kitty Gone
Wild Wild Salmon
Recipe Au Jus Wet
Cat Food



ID: 5048275
B.F.F. OMG Love
Munchin! Chicken &
Pumpkin Dinner in
Gravy Wet Cat Food



ID: 5047882
Weruva Pate Who
Wants to be a
Meowionaire? Chicken
& Pumpkin Dinner in
a Hydrating Puree
Wet Cat Food



ID: 5123768
Weruva Pate Press
Your Dinner! Chicken
Breast Dinner in a
Hydrating Puree Wet
Cat Food



ID: 126355
NUTRAMAX COSEQUIN
Maximum Strength
Joint Supplement for
Cats



ID: 5003927
Arm & Hammer Clump &
Seal Multi-Cat Odor
Sealing Cat Litter



ID: 5109967
EveryYay Plush Dog
Crate Mat



ID: 5109967
EveryYay Plush Dog
Crate Mat

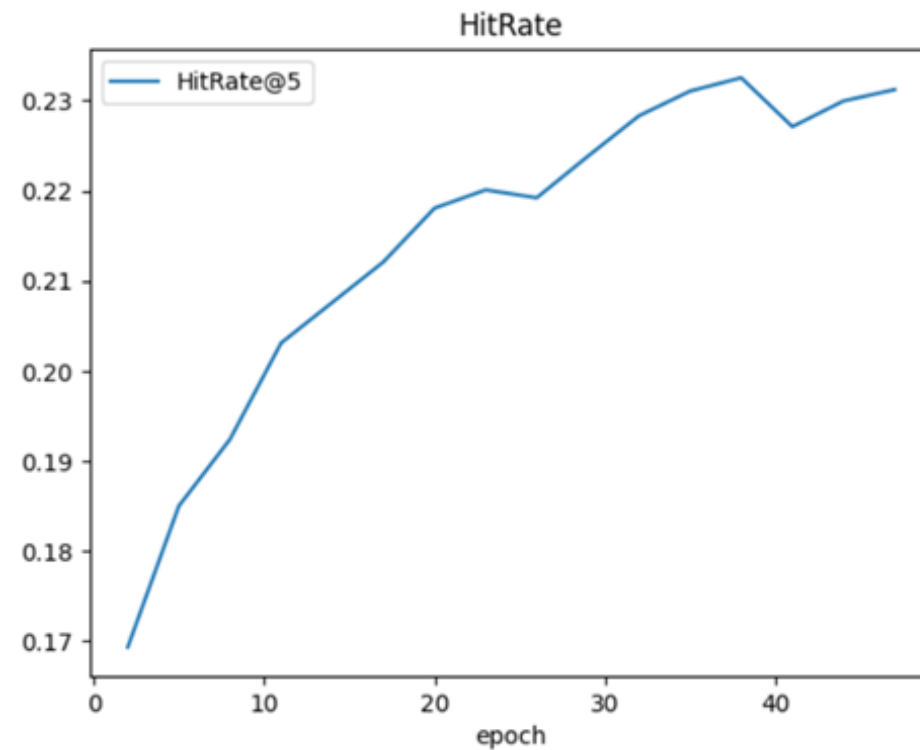
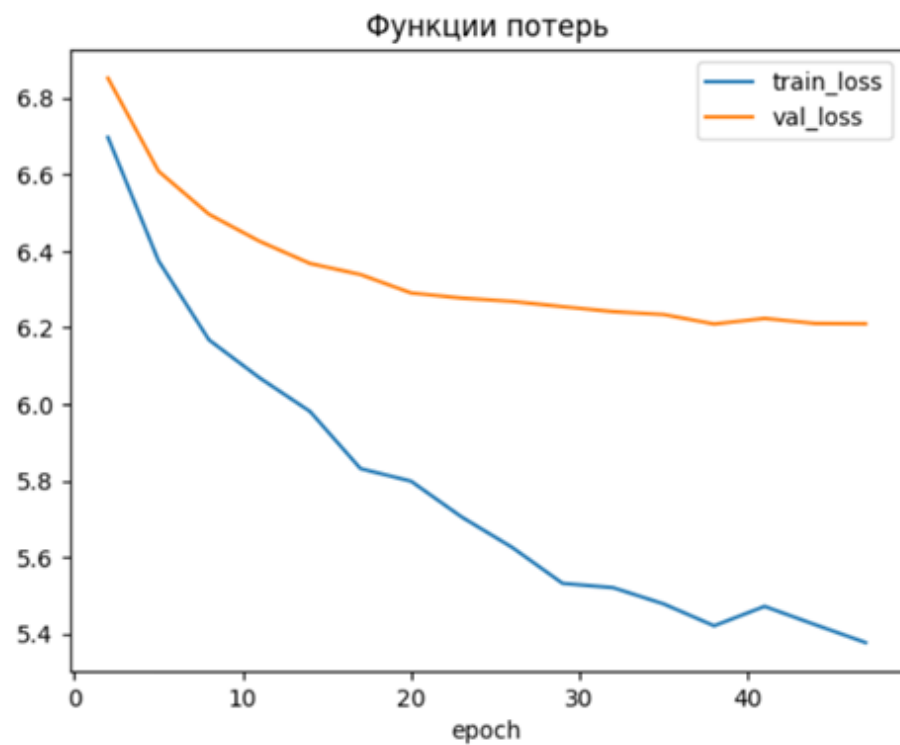


ID: 5109967
EveryYay Plush Dog
Crate Mat



ID: 5048264
B.F.F. OMG Cloud 9
Chicken Dinner in
Gravy Wet Cat Food

Обучение



Различие рекомендаций от товаров в истории

