

Inżynieria Uczenia Maszynowego

Studenci:

Bartłomiej Krawczyk

Mateusz Brzozowski

Temat

“Jakiś czas temu wprowadziliśmy konta premium, które uwalniają użytkowników od słuchania reklam. Nie są one jednak jeszcze zbyt popularne – czy możemy się dowiedzieć, które osoby są bardziej skłonne do zakupu takiego konta?”

```
import itertools
import numpy as np
import pandas as pd
import pickle
import requests

from math import sqrt
from matplotlib import pyplot as plt
from scipy.stats import uniform
from sklearn.impute import SimpleImputer
from sklearn.model_selection import RandomizedSearchCV, train_test_split
from sklearn.pipeline import Pipeline
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from typing import Any, Dict, Optional
from xgboost import XGBClassifier

from microservice import IUMModel
from utility import (
    plot_matrix,
    construct_dummy,
    construct_logistic_regression,
    plot_confusion_matrix,
    plot_confusion_matrix_ab_experiment,
    plot_feature_importances,
    get_params,
    compare_models,
    Model,
    FEATURES,
    TARGETS,
    TARGET_AND_FEATURES,
    DUMMY,
    LOGISTIC_REG,
    XGB,
    XGB_BEST_ESTIMATOR,
    MODEL_TYPES,
    SERVICE_PREDICTION_MODEL_INIT,
    AB_RESULT
)
```

Zmiana względem ustaleń z etapu I

Kryterium sukcesu

W pierwszym etapie przyjęte kryterium sukcesu oparte na metryce accuracy okazało się nietrafne, ponieważ miało miejsce silne niebalansowanie danych, a metryka accuracy nie skupiała się na przewidywaniu osób, które kupią subskrypcję premium, lecz raczej na poprawności ogólnej predykcji. Model dummy, który przypisywał większościową grupę, osiągał zatem wysoką dokładność w tym kontekście.

Naszym nowym celem jest maksymalizacja metryki ROC AUC (Receiver Operating Characteristic Area Under Curve), która skupia się na zdolności modelu do rozróżniania pomiędzy klasami, a w tym przypadku na zdolności do przewidywania użytkowników, którzy zakupią subskrypcję premium. Metryka ta preferuje identyfikację użytkowników premium, a nie dostosowuje się jedynie do grupy większościowej. Dla nas istotniejsza jest informacja, czy ktoś kupi subskrypcję, a nie tylko informacja, że nikt nie kupił.

W związku z tym, ustaliliśmy nowe kryterium do oceny sukcesu, które celuje w poprawę wyników zwracanych przez prosty model bazujący na regresji logistycznej oraz uzyskanie wartości ROC AUC większej niż 0.65. Ta wartość progowa jest odpowiednia dla metryki ROC AUC i bardziej adekwatna do naszych potrzeb, uwzględniając istotność predykcji zakupu subskrypcji premium.

Wprowadzenie nowego kryterium sukcesu pozwoli nam lepiej ocenić projekt i skupić się na rzeczywistej wartości predykcji w kontekście naszych celów.

Cechy i funkcje celu

Do trenowania naszych modeli przygotowaliśmy następujące cechy wygenerowane na podstawie dostarczonych danych:

- `number_of_advertisements`, ilość odtworzonych reklam w danym miesiącu
- `number_of_tracks`, ilość przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `number_of_skips`, ilość pominiętych utworów w danym miesiącu
- `number_of_likes`, liczba danych lików w danym miesiącu
- `number_of_liked_tracks_listened`, liczba przesłuchanych utworów w danym miesiącu, które w momencie odtworzenia były polubione
- `number_of_tracks_in_favourite_genre`, liczba przesłuchanych utworów z ulubionego gatunku w danym miesiącu
- `total_number_of_favourite_genres_listened`, liczba przesłuchanych gatunków w danym miesiącu należących do ulubionych użytkownika
- `average_popularity_in_favourite_genres`, średnia popularność utworów wśród ulubionych gatunków w danym miesiącu
- `total_tracks_duration_ms`, całkowity czas przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `number_of_different_artists`, ilość przesłuchanych artystów w danym miesiącu
- `average_release_date`, średnia data przesłuchanych piosenek w danym miesiącu
- `average_duration_ms`, średni czas trwania utworów przesłuchanych w danym miesiącu
- `explicit_tracks_ratio`, ułamek "wulgarnych" utworów przesłuchanych w danym miesiącu
- `average_popularity`, średnia popularność przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `average_acousticness`, średnia akustyka przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `average_danceability`, średnia taneczność przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `average_energy`, średnia moc przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `average_instrumentalness`, średnia ilość utworów z wokalem przesłuchanych w danym miesiącu
- `average_liveness`, średnie brzmienie utworów na żywo przesłuchanych w danym miesiącu
- `average_loudness`, średnia głośność przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `average_speechiness`, średnia ilość wokalu w utworach przesłuchanych w danym miesiącu
- `average_tempo`, średnia prędkość przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `average_valence`, średnia emocjonalność przesłuchanych utworów w danym miesiącu
- `average_track_name_length`, średnia długość nazwy utworów przesłuchanych w danym miesiącu
- `average_daily_cost`, średni koszt utrzymania przesłuchanych piosenek w danym miesiącu

Posiadamy również dwie funkcje celu:

- `premium_user_numerical`, która określa czy użytkownik kiedykolwiek kupi premium

- will_buy_premium_next_month_numerical przedstawiająca to czy użytkownik zakupi premium w przeciągu następnych 30 dni

```
FEATURE_VERSION = 'v1'
FEATURE_PATH = f'features/{FEATURE_VERSION}/feature.csv'
```

```
data_frame = pd.read_csv(FEATURE_PATH)
```

Przykładowe wartości cech oraz funkcji celu

```
data_frame.head()
```

	user_id	year	month	premium_user_numerical	\
0	212	2020	2	1	
1	212	2020	7	1	
2	212	2020	1	1	
3	212	2020	3	1	
4	212	2020	8	1	

	will_buy_premium_next_month_numerical	number_of_premium	\
0	0	0	
1	0	0	
2	0	0	
3	0	0	
4	0	0	

	number_of_advertisements	number_of_tracks	number_of_skips	\
0	10	30	16	
1	5	16	8	
2	14	39	21	
3	3	20	9	
4	13	40	22	

	number_of_likes	...	average_danceability	average_energy	\
0	8	...	0.542767	0.600467	
1	2	...	0.499000	0.675250	
2	12	...	0.487000	0.691667	
3	6	...	0.516700	0.637150	
4	12	...	0.513525	0.642350	

	average_instrumentalness	average_liveness	average_loudness	\
0	0.094653	0.179113	-10.158167	
1	0.150966	0.226225	-8.795062	
2	0.119363	0.235690	-9.491795	
3	0.069641	0.189545	-8.409150	
4	0.112645	0.285203	-9.562400	

	average_speechiness	average_tempo	average_valence	\
0	0.049070	121.964467	0.588167	
1	0.061812	123.069063	0.452131	
2	0.064918	123.745769	0.564369	
3	0.053715	121.415600	0.586000	
4	0.055282	120.922325	0.510517	

	average_track_name_length	average_daily_cost
0	22.233333	0.012134
1	22.687500	0.014780

2	19.461538	0.012399
3	21.250000	0.012706
4	24.000000	0.013076

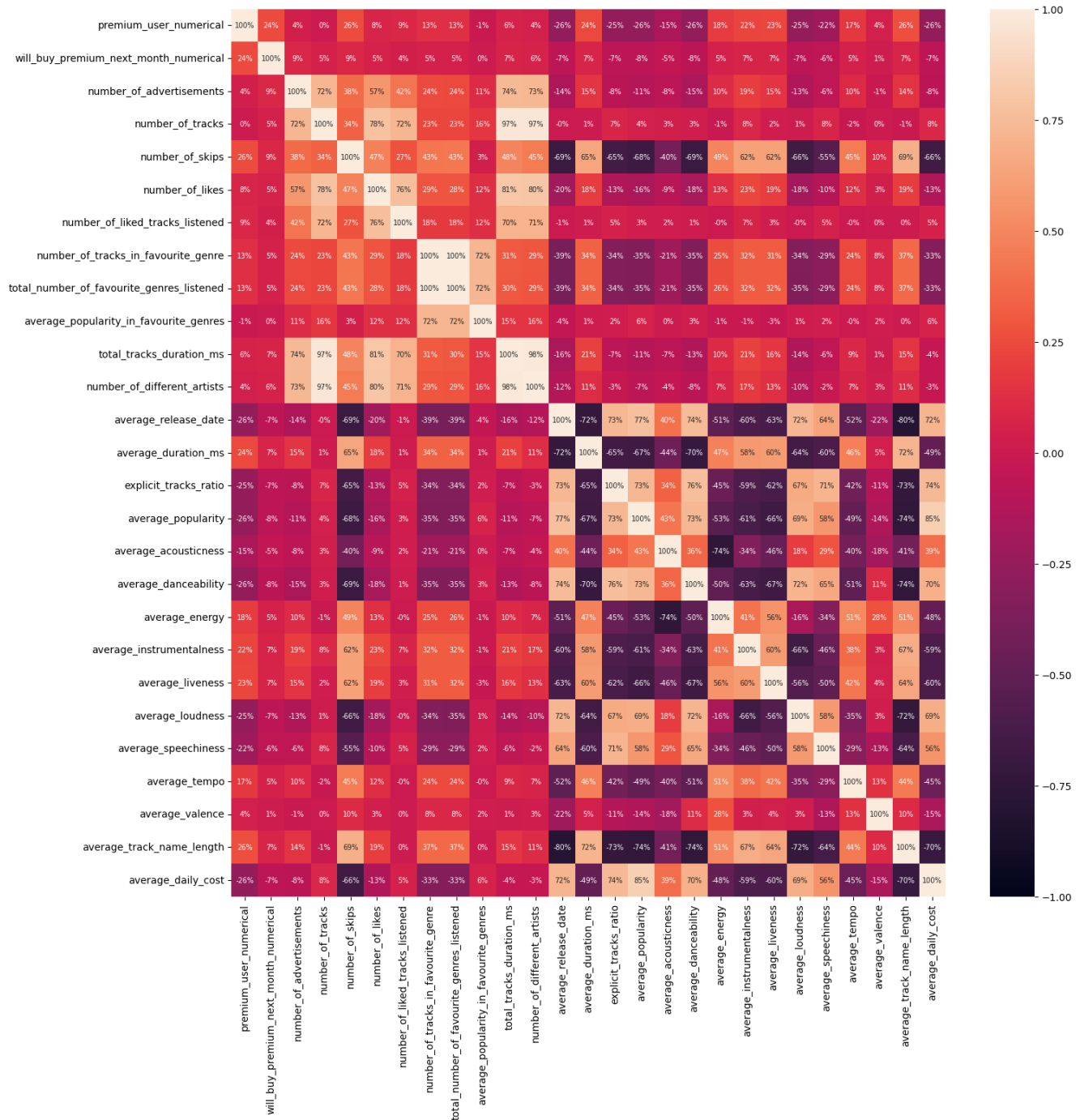
[5 rows x 31 columns]

Macierz korelacji cech z wartościami przewidywanymi

Sprawdzamy korelację cech, które nie są zbyt skorelowane między sobą, a za to są skorelowane z targetem.

```
correlation_matrix = data_frame.loc[:, TARGET_AND_FEATURES] \
    .corr(method='spearman')

plot_matrix(correlation_matrix)
```



```
RANDOM_SEED: int = 7446640
np.random.seed(RANDOM_SEED)
```

Definiujemy pipeline do uzupełnienia danych pustych oraz przeskalowania danych

```
pipeline = Pipeline([
    ("simple_imputer", SimpleImputer()),
    ("standard_scaler", StandardScaler())
])
```

Dzielimy dane na dane trenujące oraz testowe do późniejszych eksperymentów A/B

```
TRAINING_UP_TO = 2023
TRAIN_DATA: pd.DataFrame = data_frame.loc[data_frame.year < TRAINING_UP_TO, :]
```

```
TEST_DATA: pd.DataFrame = data_frame.loc[data_frame.year >= TRAINING_UP_TO, :]
TEST_SIZE = 0.33
```

Pipeline uczony jest na podstawie samych danych testowych

```
X_train_temp, X_test_temp, Y_train, Y_test = train_test_split(
    TRAIN_DATA[FEATURES],
    TRAIN_DATA[TARGETS],
    test_size=TEST_SIZE,
    random_state=RANDOM_SEED
)
X_train_temp: pd.DataFrame
X_test_temp: pd.DataFrame
Y_train: pd.DataFrame
Y_test: pd.DataFrame

train_data = pipeline.fit_transform(X_train_temp)
test_data = pipeline.transform(X_test_temp)
X_train = pd.DataFrame(train_data, columns=FEATURES)
X_test = pd.DataFrame(test_data, columns=FEATURES)
```

Cechy przetworzone przez pipeline

```
X_train.head()
```

	number_of_advertisements	number_of_tracks	number_of_skips \
0	1.631673	1.567461	2.537417
1	-1.108052	-1.659811	-0.539252
2	2.627937	1.567461	-0.881104
3	-0.111788	-0.877442	-0.881104
4	0.884475	0.882889	-0.539252

	number_of_likes	number_of_liked_tracks_listened \
0	1.696418	0.851842
1	-1.370932	-1.093532
2	0.581018	1.435454
3	-0.534382	-1.093532
4	-0.255532	2.213603

	number_of_tracks_in_favourite_genre \
0	-0.078032
1	-0.454677
2	-0.643000
3	-0.643000
4	0.486936

	total_number_of_favourite_genres_listened \
0	-0.119100
1	-0.447345
2	-0.611468
3	-0.611468
4	0.373267

	average_popularity_in_favourite_genres	total_tracks_duration_ms \
0	0.175855	1.468009
1	0.002126	-1.580864
2	-1.011289	1.231813

3		-1.011289		-1.004172
4		1.391953		0.567597

	number_of_different_artists	...	average_danceability	average_energy	\
0	1.652443	...	-1.017931	0.736664	
1	-1.699180	...	-1.159126	1.676498	
2	1.293340	...	0.710167	-0.194875	
3	-0.980975	...	0.433267	0.022840	
4	0.335734	...	0.854788	-0.262065	

	average_instrumentalness	average_liveness	average_loudness	\
0	0.521800	0.889386	-0.485768	
1	-0.159661	0.683955	-0.892305	
2	-0.822834	-0.217045	0.389305	
3	-0.414532	-1.182883	0.463848	
4	-0.942332	-0.972696	0.746466	

	average_speechiness	average_tempo	average_valence	\
0	-0.689657	-0.246950	0.829451	
1	-1.200897	0.437162	1.650610	
2	-0.398918	-0.609566	-0.235951	
3	1.543094	0.649368	-1.897642	
4	0.340184	-0.935799	0.385874	

	average_track_name_length	average_daily_cost
0	0.780251	-1.317876
1	1.119204	-1.164683
2	-0.561631	1.217974
3	-0.618064	2.375377
4	-0.901333	0.921839

[5 rows x 25 columns]

Y_train.head()

	premium_user_numerical	will_buy_premium_next_month_numerical
62076	1	0
19848	1	0
23994	1	0
130351	0	0
138271	0	0

Modele

Do porównywania wybraliśmy cztery modele:

- **Dummy** - naiwny model, który zawsze przewiduje najczęściej występującą klasę
- **Logistic Regression** - model regresji logistycznej z domyślnymi parametrami
- **XGB Classifier** - model XGBoost z domyślnymi parametrami
- **XGB Classifier with Randomized Search** - model XGBoost z Randomized Search. Randomized Search to metoda optymalizacji hiperparametrów, która polega na losowym testowaniu zdefiniowane wartości hiperparametrów i ustaleniu ich najlepszej kombinacji. W ten sposób można znaleźć dobre parametry modelu bez konieczności przeszukiwania całej przestrzeni hiperparametrów. Dodatkowo, aby przeciwdziałać niezbalansowanym danym ustawiliśmy parametr `scale_pos_weight` według zaleceń na stosunek liczby negatywnych rekordów (0) do liczby pozytywnych (1).

```

def construct_xgb_classifier(
    X_train: pd.DataFrame,
    y_train: pd.DataFrame,
    params: Optional[Dict[str, Any]] = None
) -> XGBClassifier:
    return XGBClassifier(
        random_state=RANDOM_SEED
    ).fit(X_train, y_train)

def construct_xgb_classifier_with_randomized_search(
    X_train: pd.DataFrame,
    y_train: pd.DataFrame,
    params: Optional[Dict[str, Any]] = None
) -> XGBClassifier:
    if params:
        return XGBClassifier(**params).fit(X_train, y_train)
    scale = y_train.value_counts()
    model = XGBClassifier(scale_pos_weight=scale[0] / scale[1])

    randomized_search_cv = RandomizedSearchCV(
        estimator=model,
        param_distributions={
            'max_depth': range(3, 25),
            'eta': uniform(0, 0.3),
            'gamma': uniform(0, 1),
            'n_estimators': range(10, 100),
        },
        n_iter=300,
        scoring='roc_auc',
        n_jobs=-1,
        verbose=3,
        random_state=RANDOM_SEED
    )
    estimator = randomized_search_cv.fit(X_train, y_train)
    best_estimator = estimator.best_estimator_
    print('Best parameters:', best_estimator.get_params()) # type: ignore
    return best_estimator # type: ignore

MODEL_CONSTRUCTORS = {
    DUMMY: construct_dummy,
    LOGISTIC_REG: construct_logistic_regression,
    XGB: construct_xgb_classifier,
    XGB_BEST_ESTIMATOR: construct_xgb_classifier_with_randomized_search
}

MODELS: Dict[str, Dict[str, Model]] = {
    type: {
        target: MODEL_CONSTRUCTORS[type](X_train, Y_train[target])
        for target in TARGETS
    }
    for type in MODEL_TYPES
}

```

Fitting 5 folds for each of 300 candidates, totalling 1500 fits


```
Best parameters: {'objective': 'binary:logistic', 'use_label_encoder': None, 'base_score': None, 'booster':  
Fitting 5 folds for each of 300 candidates, totalling 1500 fits  
Best parameters: {'objective': 'binary:logistic', 'use_label_encoder': None, 'base_score': None, 'booster':
```

Ocena modeli

Posiadamy niezbalansowane dane, dlatego też do oceny modeli wykorzystaliśmy metrykę ROC-AUC, która jest miarą jakości klasyfikatora binarnego.

ROC-AUC mierzy zdolność modelu do rozróżnienia między dwiema klasami poprzez obliczenie powierzchni pod krzywą ROC. Krzywa ROC przedstawia zależność między wskaźnikiem True Positive Rate = $TP / (TP + FN)$ (czułość) a False Positive Rate = $FP / (FP + TN)$ (specyficzność). Wyższa wartość ROC-AUC oznacza lepszą zdolność modelu do rozróżniania klas.

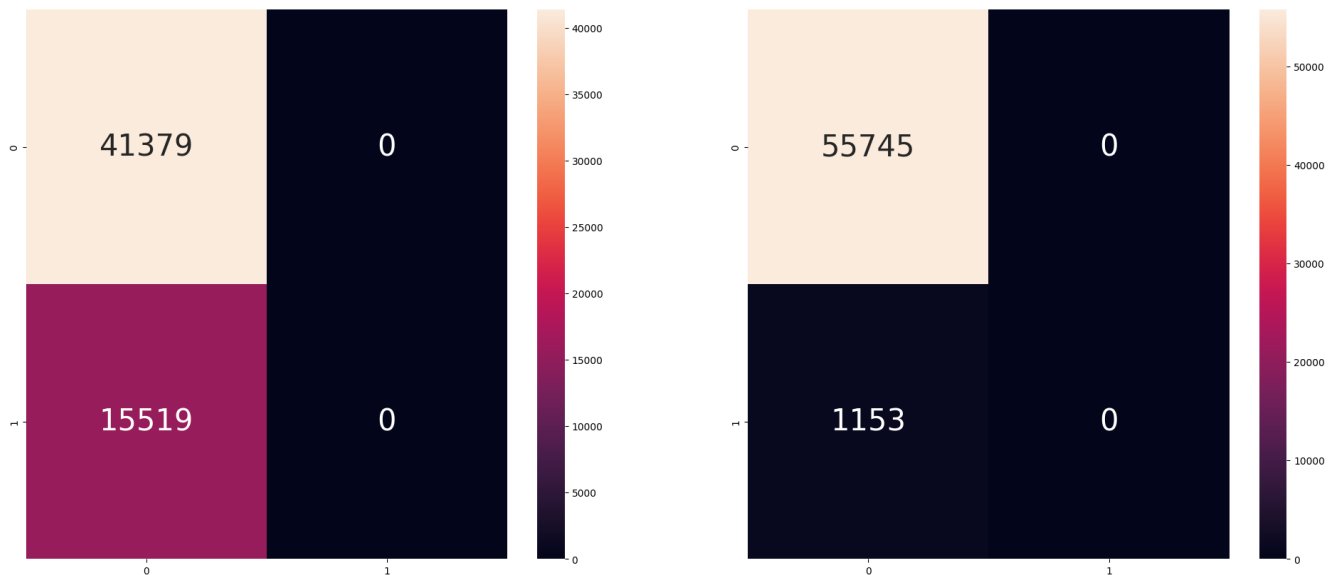
Nie wykorzystaliśmy metryki `accuracy`, ponieważ w przypadku niezbalansowanych danych, może ona być myląca. Przykładowo, jeśli mamy 1000 obserwacji, z czego 900 należy do klasy 0, a 100 do klasy 1, to model, który zawsze zwraca 0, będzie miał `accuracy` 90%.

```
for type in MODEL_TYPES:  
    print(type.upper())  
    models = MODELS[type]  
    plot_confusion_matrix(models, X_test, Y_test)
```

DUMMY

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.5

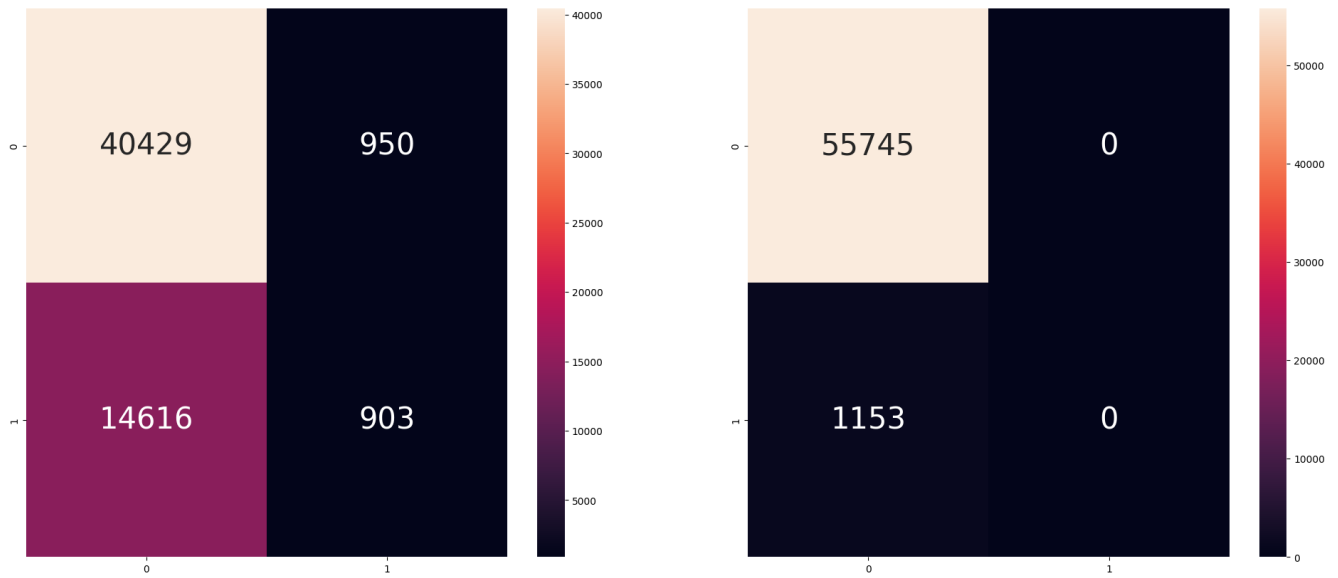
ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.5



LOGISTIC_REGRESSION

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.5176141166570702

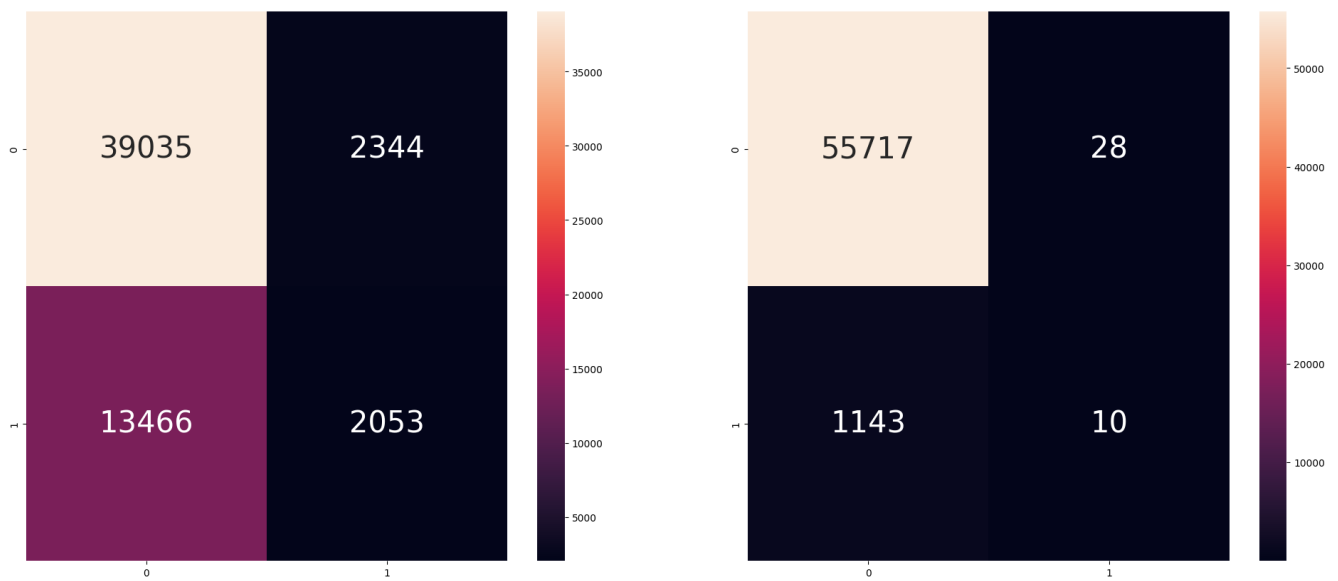
ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.5



XGB_CLASSIFIER

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.5378211800600361

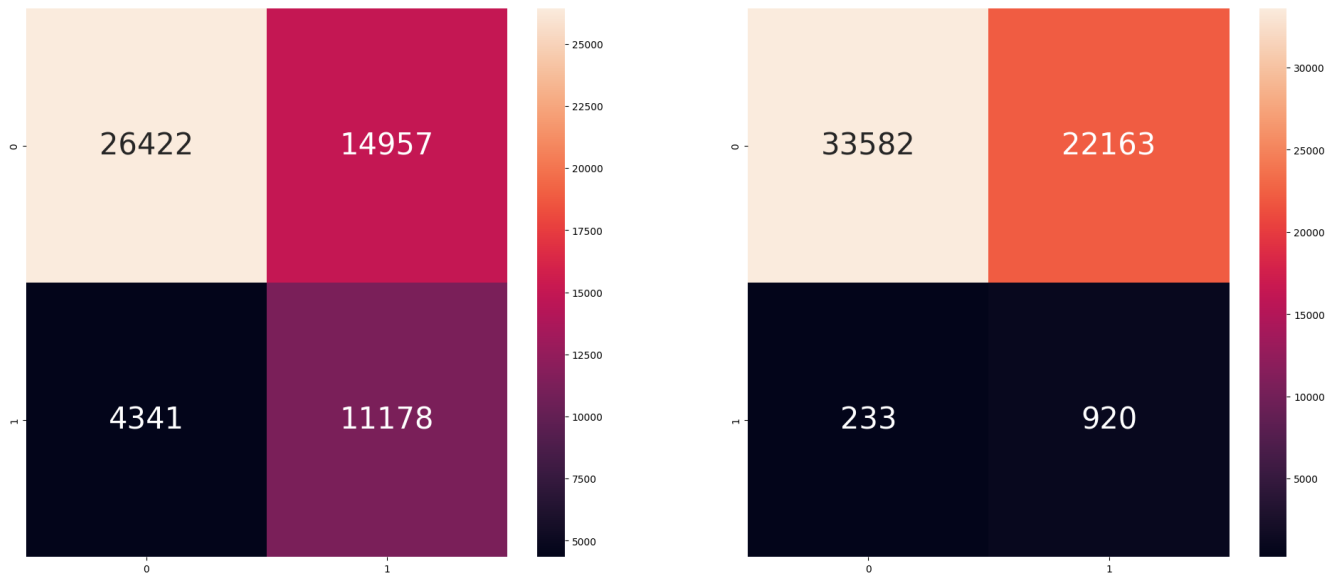
ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.5040853698428688



XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.6794074120708299

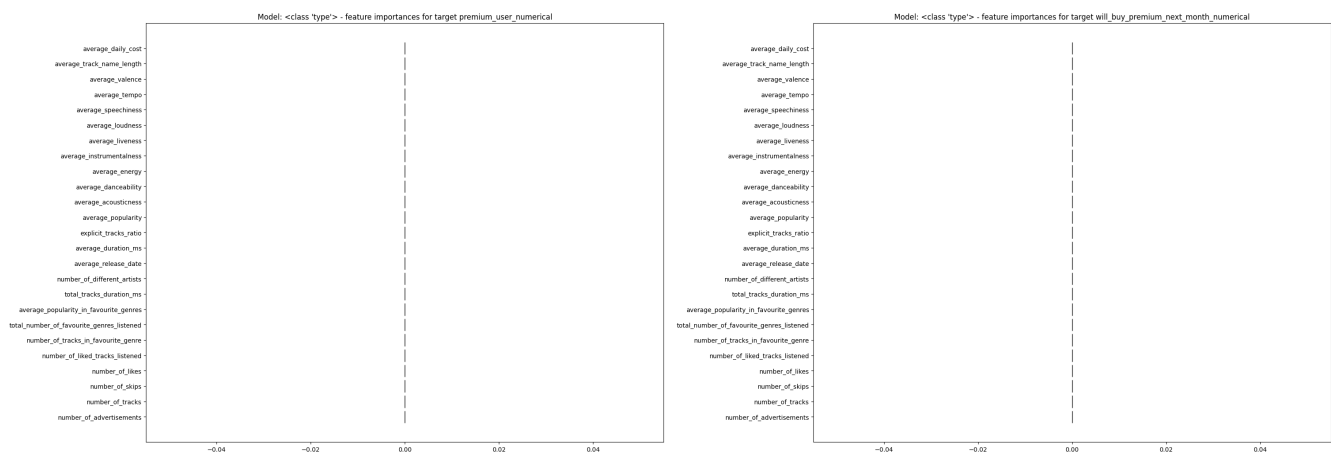
ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.7001701077037622

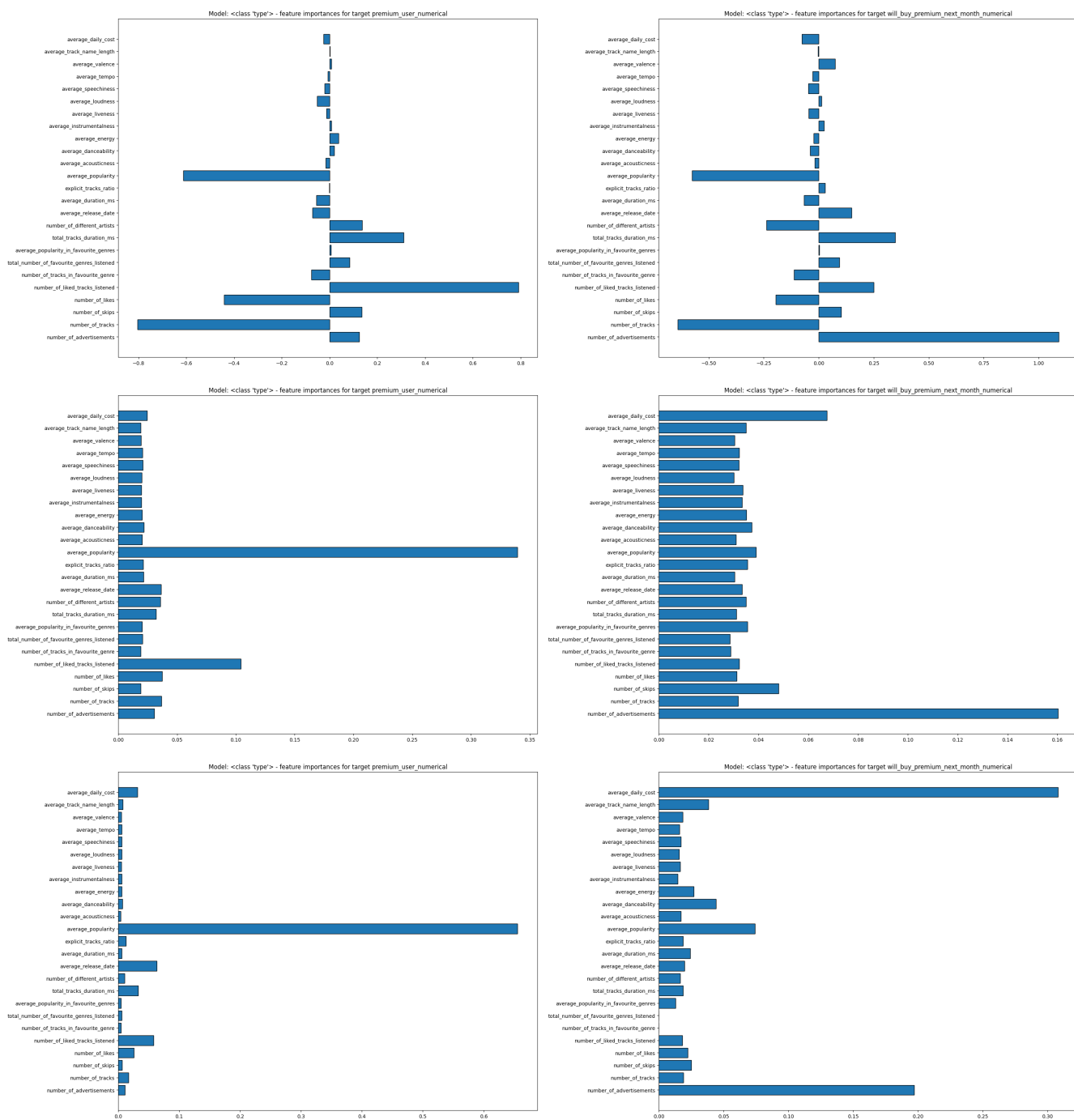


Analizując wyniki możemy zauważyć, że dla przewidywania **premium_user_numerical** (czy użytkownik kiedykolwiek zakupi premium) najgorzej poradził sobie model naiwny Dummy, który każdemu przypisuje klasę większościową. Nieznacznie lepsze wyniki na podobnym poziomie, osiągnęły modele Logistic Regression oraz XGB Classifier. Najlepsze wyniki osiągnął model XGB Classifier with Randomized Search, dzięki optymalizacji hiperparametrów. W przypadku **will_buy_premium_next_month_numerical** (czy użytkownik kupi premium w przeciągu miesiąca) modele Dummy oraz Logistic Regression w każdym przypadku przewidywały klasę większościową. Model XGB Classifier był nieznacznie lepszy. Jedynie model XGB Classifier with Randomized Search osiągnął lepszy wynik 0.70, jednak kosztem przypisania większej ilości błędnych predykcji w przypadku klasy większościowej.

Istotność parametrów

```
for type in MODEL_TYPES:
    models = MODELS[type]
    plot_feature_importances(models)
```





Analizując ważność parametrów możemy zauważyć, że większość parametrów jest brana pod uwagę przez modele, jednakże kilka z nich wyróżnia się na tle pozostałych. W przypadku przewidywania dla tego, czy użytkownik zakupi premium w przeciągu miesiąca najważniejszym parametrem jest **number_of_advertisements**, czyli liczba wyświetlanych reklam. Dodatkowo ostatni wytrenowany model uwzględnia jeszcze **average_popularity** oraz **average_daily_cost**. Możemy z tego wnioskować, że aby użytkownik jak najszybciej zakupił premium możemy próbować manipulować ilością wyświetlanych mu reklam. Natomiast w przypadku przewidywania tego, czy użytkownik kiedykolwiek zakupi premium ważniejsze okazuje się **average_popularity** oraz **number_of_liked_tracks_listened** co oznacza, że użytkownicy, którzy słuchają popularniejszych utworów oraz słuchają polubionych utworów są bardziej skłonni do zakupu premium. Może oznaczać, to, że w długofalowej perspektywie ważniejsze może być proponowanie użytkownikowi utworów, które są popularne oraz utworów, które użytkownik polubił, niż wyświetlanie reklam.

Eksperymenty A/B

Trenujemy wszystkie modele na danych do 2023, a wyniki dla wszystkich modeli zapisujemy do plików pkl. Uruchamiamy mikroserwis, który wczytuje te modele. Następnie dane użytkowników korzystających w roku 2023 dzielimy na różne rzeczywistości i dla każdej z tych grup wykonujemy predykcję z wykorzystaniem naszego mikroserwisu, a następnie przeprowadzamy porównanie za pomocą testu t-studenta.

```
X_train = pd.DataFrame(
    pipeline.fit_transform(TRAIN_DATA[FEATURES]),
    columns=FEATURES
)
Y_train = TRAIN_DATA[TARGETS]
for type in MODEL_TYPES:
    estimators = {}
    for target in TARGETS:
        y_train = Y_train[target]
        estimators[target] = MODEL_CONSTRUCTORS[type](
            X_train, y_train, get_params(MODELS[type][target])
        )
    model = IUMModel(pipeline, estimators)
    with open(f'models/{type}.pkl', 'wb') as f:
        pickle.dump(model, f)

URL = 'http://127.0.0.1:5000'

requests.post(f'{URL}/init/')

<Response [200]>
for type in MODEL_TYPES:
    url = f'{URL}/ab/'

    for i in range(0, len(TEST_DATA)):
        row = TEST_DATA.iloc[i].to_dict()
        requests.post(url, json=row) # type: ignore

result = SERVICE_PREDICTION_MODEL_INIT

for type in MODEL_TYPES:
    result[type] = {}
    for target in TARGETS:

        result[type][target] = pd.merge(
            pd.read_csv(
                f'ab_experiment/{type}-{target}.csv'
            ),
            TEST_DATA,
            on=['user_id', 'year', 'month']
        ).rename(columns={target: 'ground_truth'})[AB_RESULT]

for type in MODEL_TYPES:
    for target in TARGETS:
        result[type][target].to_csv(f'ab_result/{type}-{target}.csv')

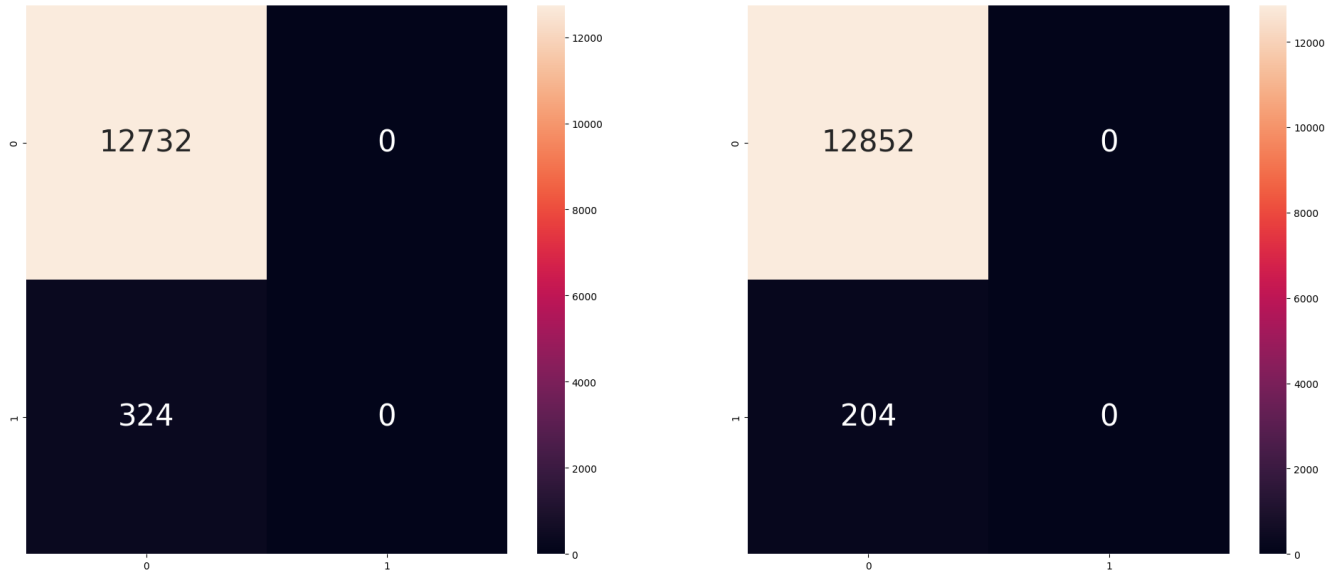
result = {}
for type in MODEL_TYPES:
    result[type] = {}
    for target in TARGETS:
        result[type][target] = pd.read_csv(f'ab_result/{type}-{target}.csv')
```

```
for type in MODEL_TYPES:
    print(type.upper())
    plot_confusion_matrix_ab_experiment(result[type])
    plt.show()
```

DUMMY

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.5

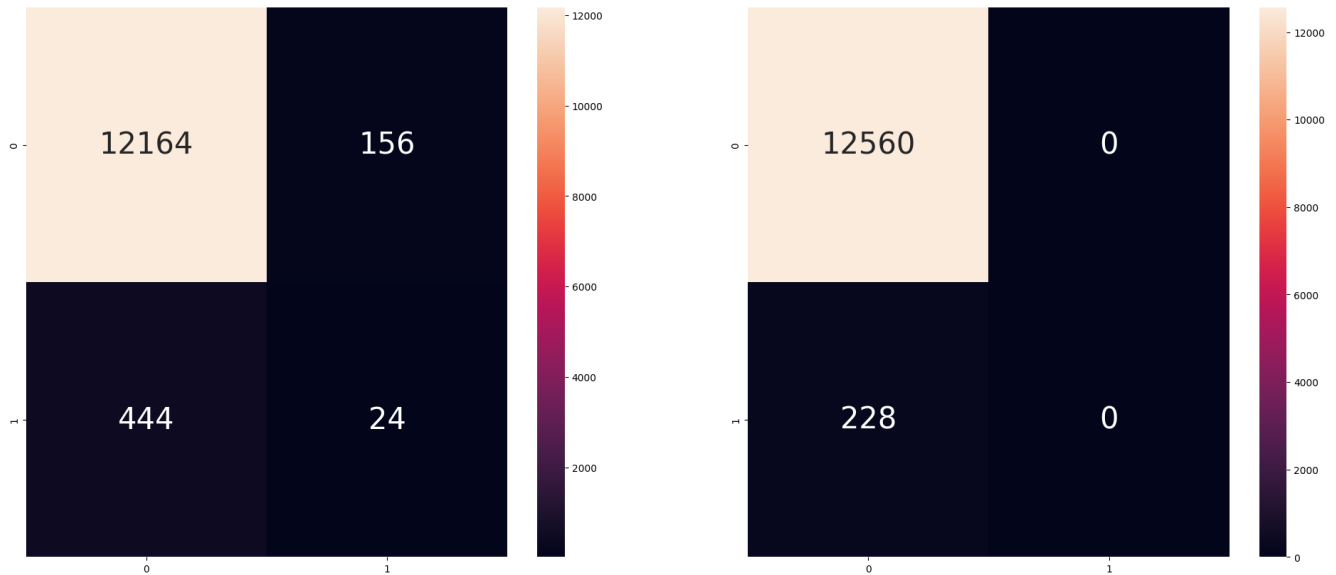
ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.5



LOGISTIC_REGRESSION

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.5193098568098568

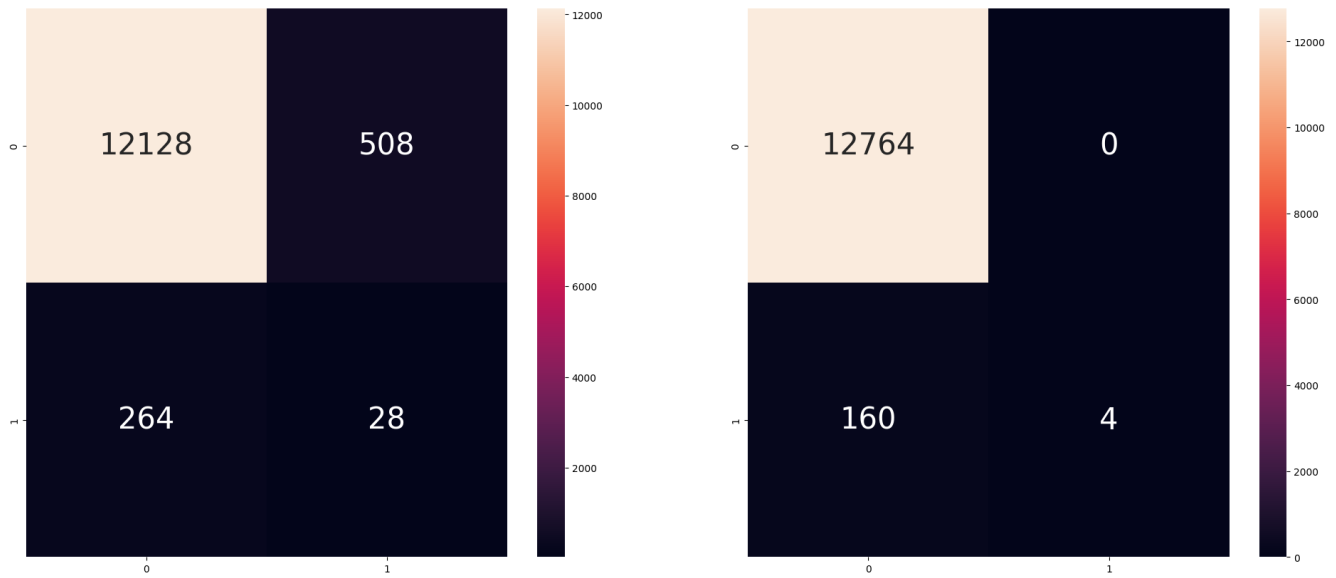
ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.5



XGB_CLASSIFIER

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.5278439076003764

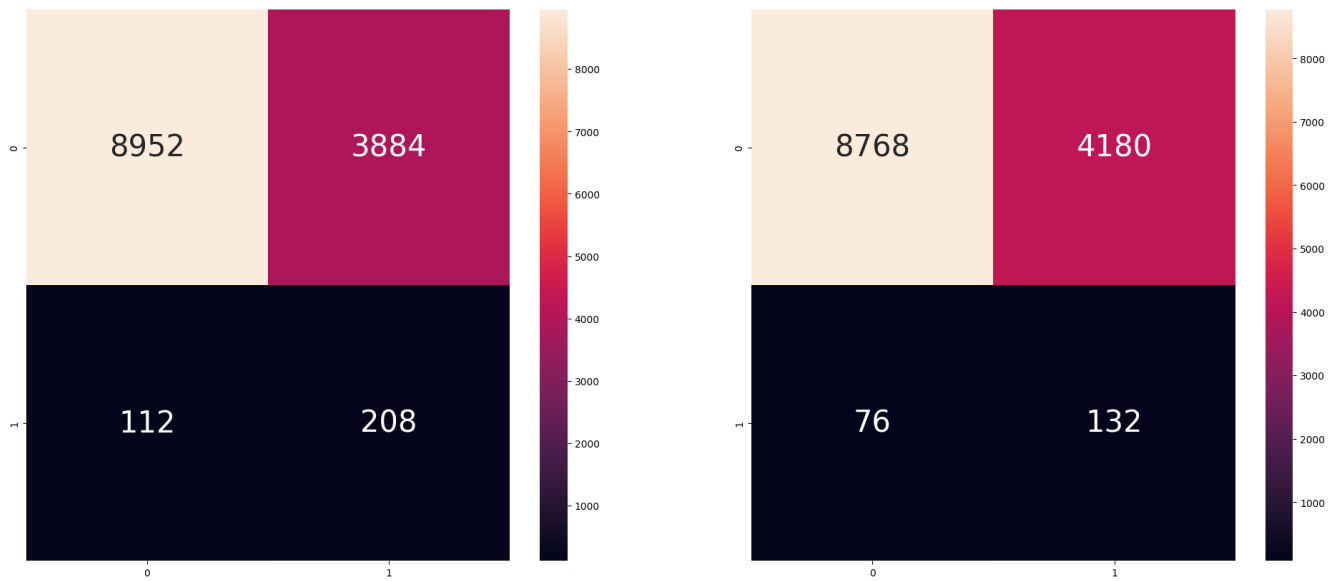
ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.5121951219512195



XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR

ROC AUC score for premium_user_numerical: 0.6737067622312246

ROC AUC score for will_buy_premium_next_month_numerical: 0.6558928019771393



Ustalamy hipotezę zerową H_0 mówiącą, że pierwszy model nie jest lepszy od drugiego oraz hipotezę alternatywną H_1 głoszącą, że model pierwszy jest lepszy od modelu drugiego.

Na podstawie tabeli rozkładu t-studenta, przyjętego istotności statystycznej jako 0.025 oraz stopni swobody $7 + 7 - 2 = 12$ ustaliliśmy wartość parametru t_α jako 2.179

$$t = \frac{\bar{q}_A - \bar{q}_B}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_A - 1)\sigma^2 + (n_B - 1)\sigma^2}{n_A + n_B - 2}}$$

BUCKETS = 7
T_ALPHA = 2.179

```
def s_p(sigma_A: float, sigma_B: float) -> float:
    return sqrt(
        ((BUCKETS - 1) * (sigma_A ** 2) + (BUCKETS - 1) * (sigma_B ** 2))
        / (BUCKETS + BUCKETS - 2)
    )
```

```
def t(q_A: float, q_B: float, s_p_value: float) -> float:
    return (q_A - q_B) / (s_p_value * sqrt(1 / BUCKETS + 1 / BUCKETS))
```

```
np.random.seed(RANDOM_SEED)
```

```
for type_A, type_B in itertools.product(MODEL_TYPES, MODEL_TYPES):
    if type_A == type_B:
        continue
    print(f'{type_A} vs {type_B}'.upper())
    compare_models(result, type_A, type_B, BUCKETS, T_ALPHA, s_p, t)
```

DUMMY VS LOGISTIC_REGRESSION

premium_user_numerical

t_value = -2.784580296751739

We can't say that dummy is better than logistic_regression

will_buy_premium_next_month_numerical

t_value = 0

We can't say that dummy is better than logistic_regression

DUMMY VS XGB_CLASSIFIER

premium_user_numerical

t_value = -1.3600726535610081

We can't say that dummy is better than xgb_classifier

will_buy_premium_next_month_numerical

t_value = -0.9999999999999966

We can't say that dummy is better than xgb_classifier

DUMMY VS XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR

premium_user_numerical

t_value = -3.514142284571118

We can't say that dummy is better than xgb_classifier_best_estimator

will_buy_premium_next_month_numerical

t_value = -3.4684898717609145

We can't say that dummy is better than xgb_classifier_best_estimator

LOGISTIC_REGRESSION VS DUMMY

premium_user_numerical

t_value = 2.4759789617904056

logistic_regression is better than dummy

will_buy_premium_next_month_numerical

t_value = 0

We can't say that logistic_regression is better than dummy

LOGISTIC_REGRESSION VS XGB_CLASSIFIER


```

premium_user_numerical
t_value = -1.0642737011200334
We can't say that logistic_regression is better than xgb_classifier

will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = -0.999999999999997
We can't say that logistic_regression is better than xgb_classifier

LOGISTIC_REGRESSION VS XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR
premium_user_numerical
t_value = -3.823510720646004
We can't say that logistic_regression is better than xgb_classifier_best_estimator

will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = -4.237728660687017
We can't say that logistic_regression is better than xgb_classifier_best_estimator

XGB_CLASSIFIER VS DUMMY
premium_user_numerical
t_value = 1.3036313067057583
We can't say that xgb_classifier is better than dummy

will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = 0.9999999999999926
We can't say that xgb_classifier is better than dummy

XGB_CLASSIFIER VS LOGISTIC_REGRESSION
premium_user_numerical
t_value = 0.5727121441714662
We can't say that xgb_classifier is better than logistic_regression

will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = 1.0000000000000013
We can't say that xgb_classifier is better than logistic_regression

XGB_CLASSIFIER VS XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR
premium_user_numerical
t_value = -3.847984836634724
We can't say that xgb_classifier is better than xgb_classifier_best_estimator

will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = -1.0976580888652485
We can't say that xgb_classifier is better than xgb_classifier_best_estimator

XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR VS DUMMY
premium_user_numerical
t_value = 2.893797398864543
xgb_classifier_best_estimator is better than dummy

will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = 2.7358826207426286
xgb_classifier_best_estimator is better than dummy

XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR VS LOGISTIC_REGRESSION
premium_user_numerical
t_value = 0.8340269046238694

```

We can't say that `xgb_classifier_best_estimator` is better than `logistic_regression`

```
will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = 3.4295228481747606
xgb_classifier_best_estimator is better than logistic_regression
```

```
XGB_CLASSIFIER_BEST_ESTIMATOR VS XGB_CLASSIFIER
premium_user_numerical
t_value = 1.5878590408629243
We can't say that xgb_classifier_best_estimator is better than xgb_classifier
```

```
will_buy_premium_next_month_numerical
t_value = 2.511427724198214
xgb_classifier_best_estimator is better than xgb_classifier
```

Z przeprowadzonego eksperymentu wynika, że model `XGB Classifier with Randomized Search` jest lepszy od reszty modeli w przewidywaniu wartości `will_buy_premium_next_month_numerical` oraz jest lepszy od modelu naiwnego `Dummy` w przypadku przewidywania wartości `premium_user_numerical`.

Analiza wyników

Z przeprowadzonych testów A/B wynika, że przygotowany przez nas model jest lepszy od najprostszego modelu. Co więcej na danych z roku 2023 udało się osiągnąć wynik ROC AUC większy niż 0.65, oznacza to, że ustalone minimalne kryterium sukcesu jest spełnione w przypadku przewidywania `will_buy_premium_next_month_numerical`.