San Francisco Crime Classification

Kaggle competition

Łukasz Rados, Wojciech Kusa

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

25 stycznia 2016

1 Wprowadzenie

Celem projektu było stworzenie oprogramowania pozwalającego dokonać klasyfikacji zgłoszeń na podstawie danych czasoprzestrzennych z raportów policyjnych dla miasta San Francisco w Stanach Zjednoczonych. Pełen opis projektu, wraz z danymi wejściowymi znajduje się na portalu kaggle, pod adresem: `www.kaggle.com/c/sf-crime/`.

2 Dane

Zbiór danych zawiera incydenty zgłoszone policji w San Francisco pomiędzy 01.01.2003r. a 13.05.2015r.. Podzielony jest na dwie podgrupy (prawie równoliczne, w każdej po około 850 tysięcy elementów) :

- zbiór treningowy – zawierający zgłoszenia z tygodni parzystych,
- zbiór testowy – zawierający zgłoszenia z tygodni nieparzystych.

Przykładowe wiersze danych treningowych znajdują się na Rysunku 1. Dane składają się z następujących pól:

- Dates – znacznik czasu przestępstwa
- DayOfWeek – dzień tygodnia
- PdDistrict – nazwa departamentu policji odbierającego zgłoszenie
- Address – przybliżony adres przestępstwa
- X – długość geograficzna
- Y – szerokość geograficzna

- Category – kategoria przestępstwa (tylko dla zbioru treingowego). Jest to zmienna, którą należało przewidzieć w wyniku działania algorytmu
- Descript – szczegółowy opis przestępstwa (tylko dla zbioru treingowego)
- Resolution – jaki był wynik działania policji (tylko dla zbioru treingowego)

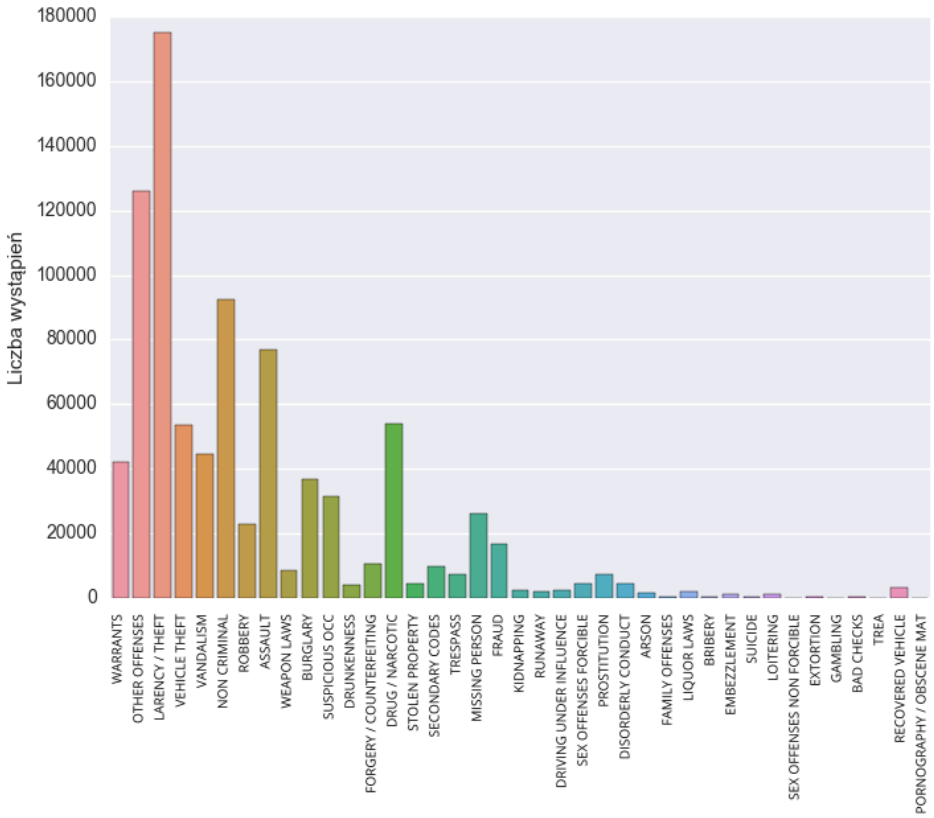
2003-01-07 07:52:00	WARRANTS	WARRANT ARREST	Tuesday	SOUTHERN	ARREST, BOOKED	5TH ST / SHIPLEY ST	-122.402843	37.779829
2003-01-07 04:49:00	WARRANTS	ENROUTE TO OUTSIDE JURISDICTION	Tuesday	TENDERLOIN	ARREST, BOOKED	CYRIL MAGNIN STORTH ST / EDDY ST	-122.408495	37.784452
2003-01-07 03:52:00	WARRANTS	WARRANT ARREST	Tuesday	NORTHERN	ARREST, BOOKED	OFARRELL ST / LARKIN ST	-122.417904	37.785167
2003-01-07 03:34:00	WARRANTS	WARRANT ARREST	Tuesday	NORTHERN	ARREST, BOOKED	DIVISADERO ST / LOMBARD ST	-122.442650	37.798999
2003-01-07 01:22:00	WARRANTS	WARRANT ARREST	Tuesday	SOUTHERN	ARREST, BOOKED	900 Block of MARKET ST	-122.409537	37.782691
2003-01-06 23:30:00	WARRANTS	ENROUTE TO OUTSIDE JURISDICTION	Monday	BAYVIEW	ARREST, BOOKED	REVERE AV / INGALLS ST	-122.384557	37.728487
2003-01-06 23:14:00	WARRANTS	WARRANT ARREST	Monday	CENTRAL	ARREST, BOOKED	BUSH ST / HYDE ST	-122.417019	37.789110
2003-01-06 22:45:00	WARRANTS	WARRANT ARREST	Monday	SOUTHERN	ARREST, BOOKED	800 Block of BRYANT ST	-122.403405	37.775421
2003-01-06 22:45:00	WARRANTS	ENROUTE TO OUTSIDE JURISDICTION	Monday	SOUTHERN	ARREST, BOOKED	800 Block of BRYANT ST	-122.403405	37.775421
2003-01-06 22:19:00	WARRANTS	ENROUTE TO OUTSIDE JURISDICTION	Monday	NORTHERN	ARREST, BOOKED	GEARY ST / POLK ST	-122.419740	37.785893
2003-01-06 21:54:00	WARRANTS	ENROUTE TO OUTSIDE JURISDICTION	Monday	NORTHERN	ARREST, BOOKED	SUTTER ST / POLK ST	-122.420120	37.787757

Rysunek 1: Przykładowe dane treningowe. Źródło: `https://www.kaggle.com/c/sf-crime/data`

2.1 Wstępna analiza zbioru treningowego

Zbiór treningowy zawiera ponad 878 tys. zgłoszeń z okresu od 1 stycznia 2003r. do 13 maja 2015r. Przestępstwa pogrupowane zostały w 39 kategorii, których liczności przedstawiono na rysunku 2. Większość zdarzeń zaliczona została do kategorii *Larency / Theft* (ang. kradzież), *Assault* (ang. napaść) i *Drug / Narcotic* (ang. narkotyki) oraz grup gromadzących pozostałe zdarzenia (*Non-Criminal* oraz *Other Offences*).

Podczas analizy zbioru danych znaleziono silną zależność pomiędzy godziną a liczbą przestępstw: najmniej zgłoszeń odnotowano w godzinach 3:00 – 7:00, zaś najniebezpieczniejsze są godziny 15:00 – 20:00 (rysunek 3). Ponadto, zauważono, że rozkład zgłoszeń w czasie różni się w zależności od wybranej kategorii. Przykładem mogą być rozkłady godzinne zgłoszeń związanych z prowadzeniem po spożyciu alkoholu oraz przestępstwa narkotykowe: te pierwsze zdarzają się głównie pomiędzy godziną 20:00 a 3:00, zaś te drugie pomiędzy 12:00 a 20:00. W związku z tym prawdopodobieństwo, że przestępstwo popełnione około godziny 16 jest związane z alkoholem jest dużo mniejsze, niż szansa jego związku z narkotykami. Na rysunkach 4a – 4f przedstawiono sześć przykładowych rozkładów.



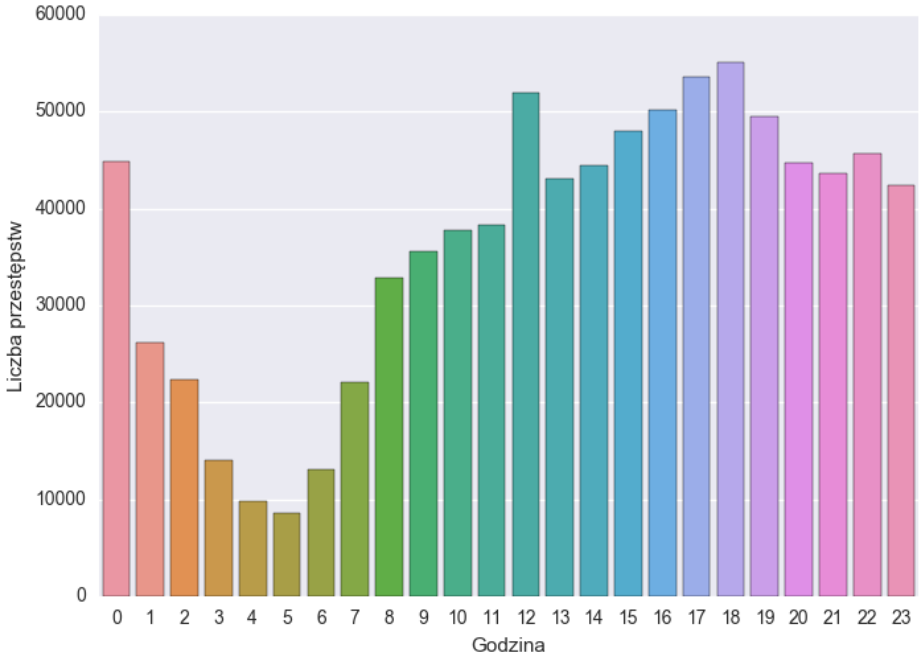
Rysunek 2: Zgłoszenia podzielone według przypisanej kategorii.

Na podstawie kolumny *Address* (zawierającej przybliżony adres zgłoszenia) ustalono, czy wykroczenie miało miejsce na skrzyżowaniu dwóch ulic. Okazuje się, że niektóre z przestępstw (podejrzane zachowanie, prostytucja, jazda pod wpływem alkoholu czy sprzedaż alkoholu) są zazwyczaj powiązane ze skrzyżowaniami (w przypadku prostytucji około 80% zanotowanych przypadków miało miejsce na skrzyżowaniach). Wysoki odsetek zatrzymań za jazdę pod wpływem alkoholu na rogu ulic związany jest zapewne z rozmieszczeniem patroli policyjnych. Dane dla wszystkich przestępstw zamieszczono na wykresie 5.

Na rysunku 6 znajduje się mapa San Francisco z zaznaczpnymi wszystkimi przestępstami podzielonymi ze względu na posterunek odbierający zgłoszenie.

2.2 Zastosowane deskryptory

Wstępna analiza zbioru treningowego pozwoliła wykluczyć z dalszej pracy następujące kolumny: *Address* (z którego wyciągnięto tylko informację o skrzyżowaniu), *Dates* (podzielono na rok, miesiąc, godzinę i minutę dnia), *Resolution* oraz *Descript* (kolumny zawierają w żaden sposób nieusystematyzowany tekst).



Rysunek 3: Zgłoszenia podzielone według godziny w ciągu dnia.

Dane poddane zostały preprocessingowi celem poprawy brakujących rekordów, a następnie, poza podstawowymi zmiennymi przedstawionymi w sekcji 2, przygotowano dodatkowe deskryptory mające pomóc wytrenować model. Poniżej zostały opisane najważniejsze z nich, mające istotny wpływ na poprawę działania modelu:

- $Dates.Hours \cdot 60 + Dates.Minutes$ - Liczba z zakreu 0, 1440 opisująca, w której minucie dnia zostało dokonane zgłoszenie
- $X \cdot Y$ - wskazuje na nieliniową korelację długości i szerokości geograficznej
- $X + Y$ - jak wyżej, zmienna wskazująca na korelację długości i szerokości geograficznej
- informacja czy przestępstwo zostało dokonane na skrzyżowaniu / rogu ulicy - wyciągnięta ze zmiennej Address
- informacja czy przestępstwo zostało dokonane w bloku - wyciągnięta ze zmiennej Address
- $DayOfWeek + Dates.Hour$ - powiązuje godzinę zdarzenia z dniem tygodnia
- $DayOfWeek \cdot Dates.Hour$ - jak wyżej, powiązuje godzinę zdarzenia z dniem tygodnia

3 Zastosowane algorytmy

3.1 Lasy losowe - Random Forest

3.2 Generalized Linear Model

4 Implementacja

Kody źródłowe zaimplementowanych modeli znajdują się w repozytorium on-line pod adresem `www.github.com/WojciechKusa/sf_crime`.

Model wykorzystujący GLM zaimplementowany został w języku R z wykorzystaniem bibliotek MASS, readr, rpart oraz caret. Do ostatecznego modelu wzięte zostały następujące zmienne:

- $PdDistrict$
- X
- Y
- $X \cdot Y$
- $X + Y$
- $DayOfWeek$
- $Dates.Year$
- $Dates.Month$
- $Dates.Hour$
- $Dates.Hours \cdot 60 + Dates.Minutes$
- $DayOfWeek + Dates.Hour$
- $DayOfWeek \cdot Dates.Hour$
- $AddType$

5 Ewaluacja oraz wyniki

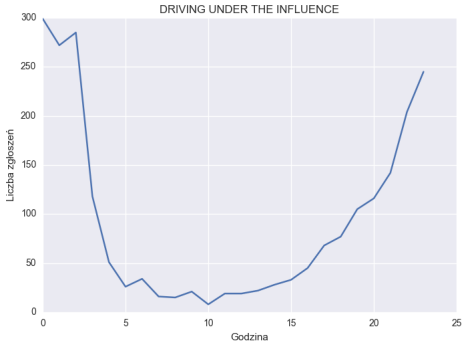
5.1 Ocena modeli

Ocena modeli dokonywana była na podstawie wielo-klasowej straty logarytmicznej (ang. *multi-class logarithmic loss*). Dane zawierały prawdopodobieństwa wystąpienia danego przestępstwa przy podanych danych czasoprzestrzennych.

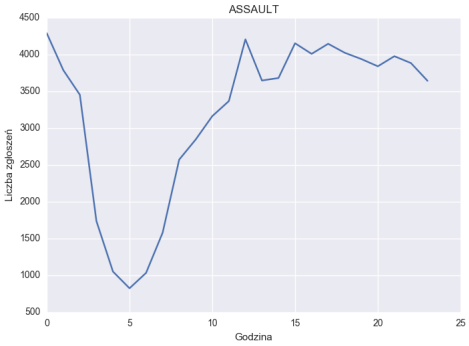
5.2 Uzyskane wyniki

W przypadku zastosowania modelu GLM uzyskany wynik to 2.54389 punkta co na dzień 24.01.2016r. dało 314 miejsce na 1200 uczestników. Dla modelu RF otrzymano wynik 5.70246 co plasuje go na 889 miejscu. Wyniki te można uznać za satysfakcjonując gdy weźmie się pod uwagę fakt, że najlepszy aktualnie wynik to 2.05079 a pierwsze 900 rezultatów to wyniki poniżej 10 punktów.

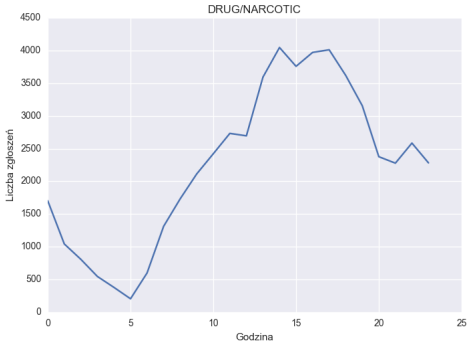
6 Podsumowanie



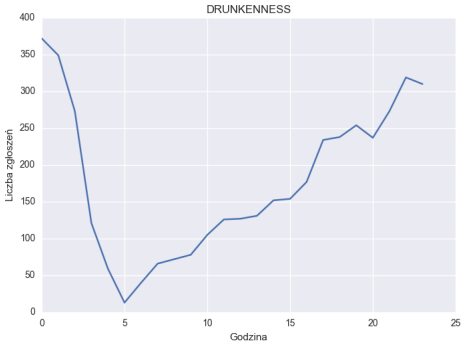
(a) Prowadzenie pod wpływem alkoholu



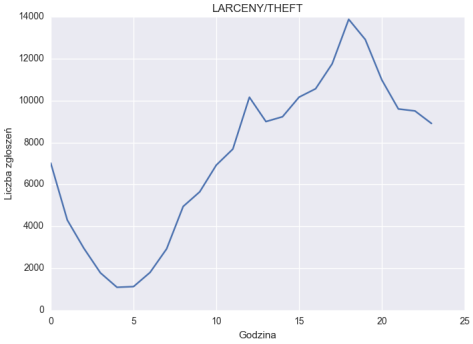
(b) Napad



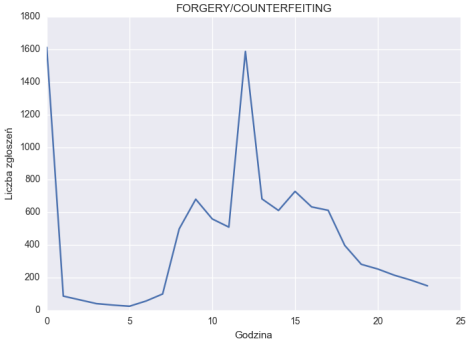
(c) Narkotyki



(d) Pijaństwo

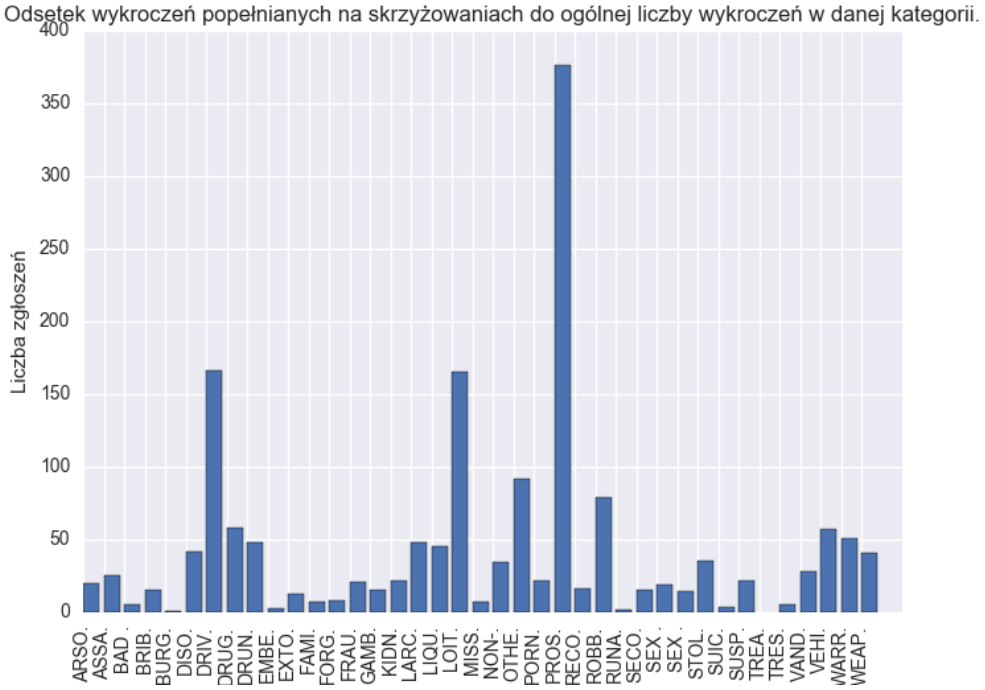


(e) Kradzież

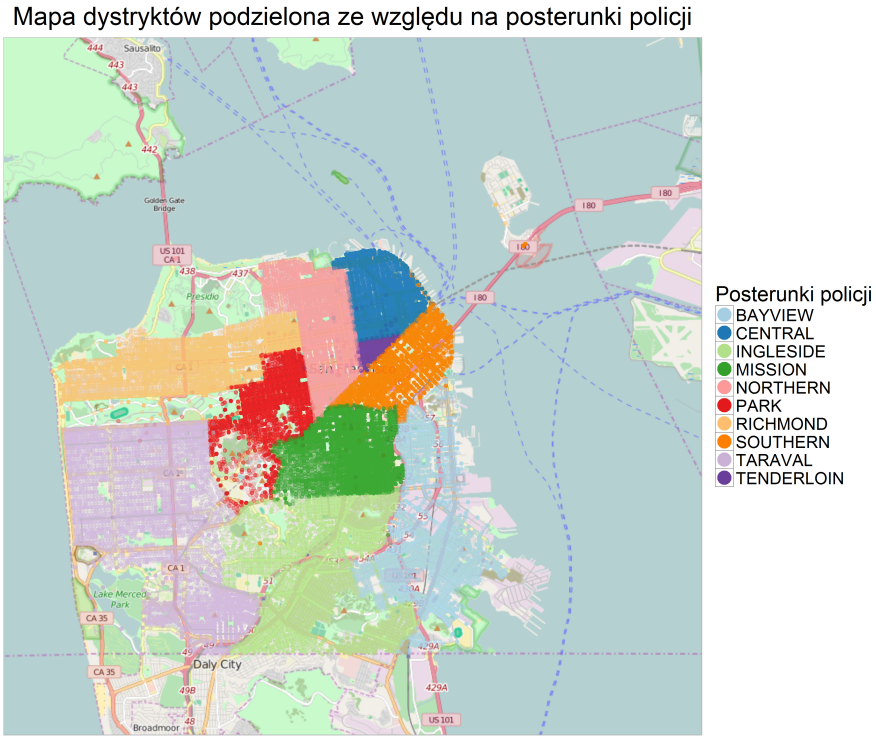


(f) Fałszerstwo

Rysunek 4: Przykładowe zależności pomiędzy liczbą zgłoszeń a godziną.



Rysunek 5: Odsetek wykroczeń popełnianych na skrzyżowaniach do ogólnej liczby wykroczeń w danej kategorii.



Rysunek 6: Przestępstwa podzielone ze względu na posterunek odbierający zgłoszenie.