**Inteligencja Obliczeniowa**

Praca domowa nr 2 – Zgłębianie danych

Krzysztof Kulewski, 238149, grupa 1, 08.12.2018

## Opis bazy danych

Do realizacji zadania wybrano bazę ***Pima Indians Diabetes Database***, pochodzącą ze zbiorów *National Instutite of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases*. Jest ona wynikiem badań przeprowadzonych na żeńskiej części populacji Indian z plemienia Pima, zamieszkujących stan Phoenix w USA. Plemię te jest pod ciągłą obserwacją z powodu wysokiego wskaźnika zachorowań na cukrzycę. Występowanie cukrzycy było określane na podstawie standardowych kryteriów *WHO*.   
  
Badana populacja składała się z **768** osób, które opisano za pomocą **9 atrybutów**:  
**- Pregnancies** – (liczba naturalna) – przebyte ciąże,  
**- Glucose** – (liczba naturalna) – poziom glukozy we krwi po 2 godzinach od zażycia dawki testowej,  
**- BloodPressure** – (liczba naturalna) – rozkurczowe ciśnienie krwi (mm/Hg),  
**- SkinThickness** – (liczba naturalna) – grubość fałdu skórnego zmierzonego na tricepsie (mm),  
**- Insulin** – (liczba naturalna) – poziom insuliny po 2 godzinach od zażycia dawki testowej,  
**- BMI** – (liczba zmiennoprzecinkowa) – indeks masy ciała, pośrednio opisuje zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie na podstawie proporcji masy ciała mierzonej w kilogramach do wzrostu w metrach,  
**- DiabetesPedigreeFunction** (liczba zmiennoprzecinkowa) – funkcja wpływu genetycznego na występowanie cukrzycy (wyliczona na podstawie historia występowania cukrzycy u krewnych i stopień ich pokrewieństwa),  
**- Age** – (liczba całkowita) – wiek badanej osoby,  
**- Outcome** – (liczba binarna) –wynik badania, określający występowanie (1) cukrzycy lub jej brak (0).  
Atrybut ten wydaje się być naturalnym kandydatem na klasę zbioru danych.  
  
Celem projektu będzie stworzenie modelu, który na podstawie 8 atrybutów będzie w stanie trafinie przewidzieć wartość kolumny „Outcome”, czyli stwierdzić, czy dana osoba choruje na cukrzycę.

## Obróbka danych

Bardzo szybko możemy dostrzec, że w bazie są pewne niespójności. O ile w przypadku liczby ciąży wartość 0 jest jak najbardziej prawdopodobna, tak zdecydowanie nie jest to dobra wartość dla kolumn *Glucose*, *BloodPressure*, *SkinThickness* itd.

W takim przypadku możemy albo zignorować rekordy, które zawierają nieprawidłowe wartości, albo uzupełnić je wartościami średnimi. Baza stanowiąca przedmiot zadania jest relatywnie mała, stąd dużo lepsze będzie rozwiązanie drugie.  
  
Wyliczanie średnich wartości dla poszczególnych kolumn przebiegało według następującego schematu:

# baza jest załadowana do zmiennej ‘db’  
# wybieramy wartości większe od zera i tworzymy wektor  
non.zero.glucose = db$Glucose[which(db$Glucose>0)]  
# obliczamy średnią wartość  
glucose.mean = mean(non.zero.glucose)

Powyższą operację zastosowano dla kolumn: Glucose, BloodPressure, SkinThickness, Insulin, BMI, DiabetesPedigreeFunction i Age.  
  
Obliczone średnie zostały następnie zaokrąglone do odpowiedniej (wynikającej z danych) liczby miejsc po przecinku i podstawione w miejsca wystąpienia liczby 0:

# kopiujemy bazę do zmiennej db.nz (non-zero)   
db.nz = db  
# iterujemy po wszystkich wierszach  
for (i in 1:nrow(db))  
{  
 # jeśli wartość wynosi 0 – podstawiamy zaokrągloną średnią  
 if (db$Glucose[i] == 0) db.nz$Glucose[i] = round(glucose.mean)  
 if (db$BloodPressure[i] == 0) db.nz$BloodPressure[i] = round(bloodPressure.mean)  
 if (db$SkinThickness[i] == 0) db.nz$SkinThickness[i] = round(skinThickness.mean)  
 if (db$Insulin[i] == 0) db.nz$Insulin[i] = round(insulin.mean)  
 if (db$BMI[i] == 0) db.nz$BMI[i] = round(bmi.mean, digits = 1)  
 if (db$DiabetesPedigreeFunction[i] == 0) db.nz$DiabetesPedigreeFunction[i] =  
round(dpf.mean, digits = 3)  
 if (db$Age[i] == 0) db.nz$Age[i] = round(age.mean)  
}

Kolejnym krokiem jest normalizacja kolumn oraz zamiana wartości ‘0’ i ‘1’ na ‘healthy’ i ‘sick’:

# zmieniamy wartości kolumny Outcome z ‘0’ i ‘1’ na ‘healthy’ i ‘sick’  
db.nz$Outcome = factor(db.nz$Outcome, level=0:1, labels=c("healthy", "sick"))  
# normalizujemy dane numeryczne  
fnorm = function(x) { return ((x-min(x))/(max(x)-min(x))) }  
db.nz$Pregnancies = fnorm(db.nz$Pregnancies)  
db.nz$Glucose = fnorm(db.nz$Glucose)  
db.nz$BloodPressure = fnorm(db.nz$BloodPressure)  
db.nz$SkinThickness = fnorm(db.nz$SkinThickness)  
db.nz$Insulin = fnorm(db.nz$Insulin)  
db.nz$BMI = fnorm(db.nz$BMI)  
db.nz$DiabetesPedigreeFunction = fnorm(db.nz$DiabetesPedigreeFunction)  
db.nz$Age = fnorm(db.nz$Age)

## Klasyfikatory

Do klasyfikacji użyte zostały 4 metody – drzewa decyzyjne, K najbliższych sąsiadów (kNN), algorytm Naive-Bayes oraz Lasy Losowe.

Przed rozpoczęciem klasyfikacji, zbiór podzielony został na:  
- dane treningowe – wykorzystane do uczenia klasyfikatora,  
- dane testowe – wykorzystane do oceny klasyfikatora.

# Podzial na grupe treningowa i testowa   
set.seed(1234)  
ind <- sample(2, nrow(db.nz.norm), replace=TRUE, prob=c(0.8, 0.2))  
db.training <- db.nz.norm[ind==1, 1:9]  
db.test <- db.nz.norm[ind==2, 1:9]

Następnie utworzono klasyfikatory (używając danych treningowych) oraz oceniono je (używając danych testowych).   
Dla każdego z algorytmów zestawiono macierz błędów oraz wyliczono dokładność.

## 3.1 Klasyfikacja drzewami decyzyjnymi (paczka party)   
db.ctree = ctree(Outcome ~ ., data = db.training)  
ctr.predicted = predict(db.ctree, db.test[,1:8])   
ctr.conf.matrix = table(ctr.predicted, db.test[,9])  
ctr.accuracy = sum(diag(ctr.conf.matrix)) / sum(ctr.conf.matrix)

## 3.2 Klasyfikacja KNN (paczka class)   
db.knn3 = knn(db.training[,1:8], db.test[,1:8], cl=db.training[,9], k = 3, prob=FALSE)  
knn.predicted = db.knn3  
knn.conf.matrix = table(knn.predicted, db.test[,9])  
knn.accuracy = sum(diag(knn.conf.matrix)) / sum(knn.conf.matrix)

## 3.3 Klasyfikacja Naive-Bayes (paczka e1071)   
db.naiveBayes = naiveBayes(db.training[,1:8], db.training[,9])  
nbs.predicted = predict(db.naiveBayes, db.test[,1:8])   
nbs.conf.matrix = table(nbs.predicted, db.test[,9])  
nbs.accuracy = sum(diag(nbs.conf.matrix)) / sum(nbs.conf.matrix)

## 3.4 Klasyfikacja Lasy Losowe (paczka randomForest)  
db.rfo = randomForest(Outcome ~ ., data=db.training)  
rfo.predicted = predict(db.rfo, db.test[,1:8])  
rfo.conf.matrix = table(rfo.predicted, db.test[,9])  
rfo.accuracy = sum(diag(rfo.conf.matrix)) / sum(rfo.conf.matrix)

Wylosowany zbiór testowy to populacja o następujących parametrach:

|  |  |
| --- | --- |
| Populacja | |
| Stan pozytywny (sick) | Stan negatywny (healthy) |
| 103 | 59 |

Wyniki dla poszczególnych klasyfikatorów przedstawiono za pomocą **macierzy błędu** i trzech liczb:  
- **ACC** (Accuracy) – dokładność,

- **TPR** (True Positive Rate) – czułość (prawdopodobieństwo wykrycia),

- **FPR** (False Positive Rate) – prawdopodobieństwo fałszywego alarmu.  
  
  
Drzewa decyzyjne

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Klasa rzeczywista | |
|  | Populacja | Stan poz. | Stan neg. |
| Klasa predykowana | Klas. poz. | 90 | 28 |
| Klas. neg. | 13 | 31 |

ACC: 0.7469136 TPR: 0.8737864 FPR: 0.4745763

KNN

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Klasa rzeczywista | |
|  | Populacja | Stan poz. | Stan neg. |
| Klasa predykowana | Klas. poz. | 83 | 25 |
| Klas. neg. | 20 | 34 |

ACC: 0.7222222 TPR: 0.8058252 FPR: 0.4237288

Naive-Bayes

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Klasa rzeczywista | |
|  | Populacja | Stan poz. | Stan neg. |
| Klasa predykowana | Klas. poz. | 89 | 21 |
| Klas. neg. | 14 | 38 |

ACC: 0.7839506 TPR: 0.8640777 FPR: 0.3559322

Lasy Losowe

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Klasa rzeczywista | |
|  | Populacja | Stan poz. | Stan neg. |
| Klasa predykowana | Klas. poz. | 91 | 24 |
| Klas. neg. | 12 | 35 |

ACC: 0.7777778 TPR: 0.8834951 FPR: 0.4067797

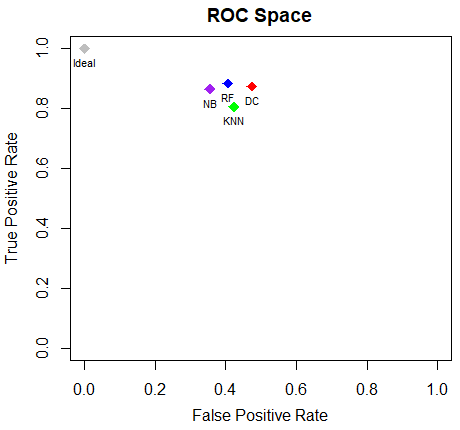
Używając powyższych macierzy błędów, wyliczyć możemy następujące wartości:

- **TP** (True Positive) – liczba osób poprawnie sklasyfikowanych jako chorzy,  
- **FP** (False Positive) – liczba osób błędnie sklasyfikowanych jako chorzy (błąd pierwszego rodzaju),  
- **TN** (True Negative) – liczba osób poprawnie sklasyfikowanych jako zdrowi,  
- **FN** (False Negaive) – liczba osób błędnie sklasyfikowanych jako zdrowi (błąd drugiego rodzaju) .  
  
Wartości te posłużyć mogą do wyliczenia odsetek:  
- **TPR** (True Positive Rate) – odsetek osób poprawnie sklasyfikowanych jako chorzy (czułość),   
- **FPR** (False Positive Rate) – odsetek osób błędnie sklasyfikowanych jako chorzy (fałszywy alarm)  
- **TNR** (True Negative Rate) – odsetek osób poprawnie sklasyfikowanych jako zdrowi, możliwy do wyliczenia ze wzoru **1 – TPR**.  
- **FNR** (False Negative Rate) – odsetek osób błędnie sklasyfikowanych jako zdrowi, możliwy do wyliczenia ze wzoru **1 – FPR**.  
  
W kontekście analizowanej bazy danych, **błąd pierwszego rodzaju (FP)** to sklasyfikowanie osoby zdrowej jako chora na cukrzycę. Rzeczywiste zbadanie takiej osoby powinno rozwiać wątpliwości, toteż realnym efektem błędu pierwszego rodzaju dla sklasyfikowanej osoby jest konieczność stawienia się na badaniu.

**Błąd drugiego rodzaju (FN)**, czyli fałszywe wykluczenie choroby, wydaje się być dużo poważniejszy w skutkach. Osoba taka, będąc przekonana, że jest zdrowa, nie podejmie leczenia, co może skończyć się utratą zdrowia lub śmiercią.

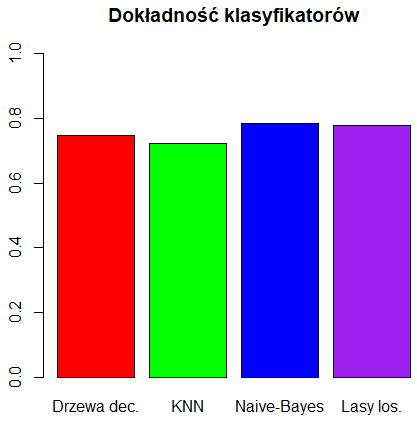
Warto zauważyć, że:  
- **zwiększenie FP** (błędy pierwszego rodzaju) powoduje **zwiększenie wartości FPR** oraz **zmniejszenie TNR**,  
- **zwiększenie FN** (błędy drugiego rodzaju) powoduje **zwiększenie wartości FNR** oraz **zmniejszenie TPR.**

Poniższy wykres przedstawia zestawienie TPR i FPR dla każdego z czterech klasyfikatorów.



Na wykresie zaznaczono dodatkowo piąty punkt z etykietą Ideal, który reprezentuje idealny klasyfikator, nie popełniający błędów.  
Najbliżej niego znajdują się klasyfikatory *Naive-Bayes* (NB) i *Lasy Losowe* (RF – Random Forest).  
Nieznacznie gorzej wypadł klasyfikator *Drzewa Decyzyjne*, a najgorzej - *KNN*.  
  
Jeśli wziąć pod uwagę potencjalne skutki błędów pierwszego i drugiego rodzaju, powinniśmy skupić się na znalezieniu klasyfikatora, który w pierwszej kolejności będzie popełniał mniej błędów drugiego rodzaju. Na wykresie taka sytuacja jest reprezentowana przez oś Y, tj. im wyższa wartość TPR, tym mniej błędów drugiego rodzaju. **Najlepiej spisał się klasyfikator *Lasy Losowe***.

Dokładność poszczególnych klasyfikatorów została przedstawiona na wykresie:

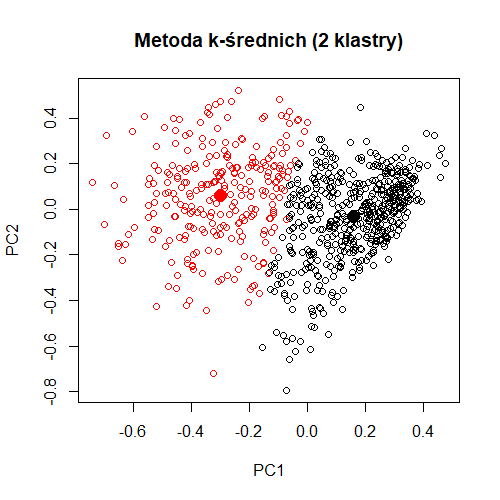


Pod względem dokładności, najlepszym klasyfikatorem dla wylosowanej próbki danych okazał się być *Naive-Bayes*. Osiągnął on około:  
- 1% wyższą dokładność od klasyfikatora *Lasy Losowe*,   
- 4% wyższą dokładność od klasyfikatora *Drzewa Decyzyjne*  
- 6% wyższą dokładność od klasyfikatora *KNN*.

## Grupowanie

Do grupowania użyto metody k-średnich.

# Obrobka (paczka editrules)  
db.pca = prcomp(db.nz.norm[,1:8])  
db.pca.predict = predict(db.pca)  
# Grupowanie na 2 klastry  
db.kmeans = kmeans(db.pca.predict, 2)   
# Wykres  
plot(db.pca.predict, col = db.kmeans[["cluster"]], main = "Metoda k-średnich (2 klastry)")  
points(db.kmeans[["centers"]], col = 1:8, pch = 16, cex = 1.8)

W przypadku zastosowania 2 klastrów, na wykresie dosyć łatwo dostrzec linię podziału.  
  
Warto zweryfikować, czy podział ten jest zgodny z klasą Outcome (Healthy/Sick) danych.  
W tym celu policzono odsetek wierszy z klasą Healthy w klastrze 1 w odniesieniu do całkowitej ilości wierszy z klasą Healthy w bazie. Analogiczne obliczenia zastosowano do klastra 2.

# iteracja po danych  
for (i in 1:nrow(db.nz.norm))  
{  
 # jeśli wiersz jest w pierwszym klastrze  
 if (db.kmeans$cluster[i] == 1)  
 {  
 # i jest healthy – zwiększ liczbę healthy w pierwszym klastrze  
 if (db.nz.norm$Outcome[i] == "healthy") first.cluster.healthy++  
 # jeśli jest chory – zwiększ liczbę sick w pierwszym klastrze  
 else first.cluster.sick++  
 }  
 else  
 {  
 if (db.nz.norm$Outcome[i] == "healthy") second.cluster.healthy++  
 else second.cluster.sick = second.cluster.sick + 1  
 }  
}

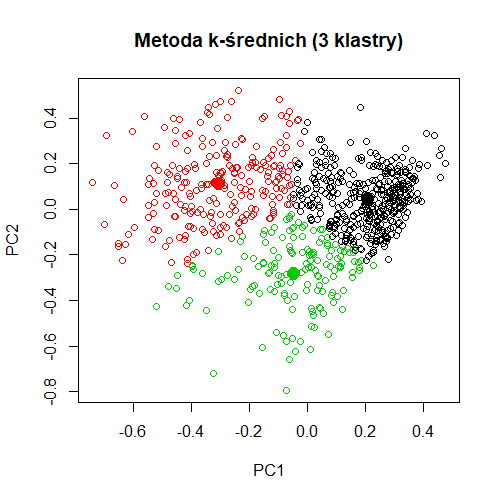
# liczba zdrowych i chorych w całej bazie  
healthy = nrow(subset(db.nz.norm,Outcome == "healthy"))  
sick = nrow(subset(db.nz.norm,Outcome == "sick"))  
  
# liczba osób w klastrach  
first.cluster.total = length(which(db.kmeans$cluster == 1))  
second.cluster.total = length(which(db.kmeans$cluster == 2))  
  
# zliczenie odsetka zdrowych i chorych  
first.cluster.healthy.ratio = first.cluster.healthy / healthy  
second.cluster.healthy.ratio = second.cluster.healthy / healthy  
first.cluster.sick.ratio = first.cluster.sick / sick  
second.cluster.sick.ratio = second.cluster.sick / sick

Otrzymano następujące wyniki:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Liczba osób | Odsetek zdrowych | Odsetek chorych |
| Klaster 1 | 503 | 0.756 | 0.244 |
| Klaster 2 | 265 | 0.4664 | 0.5336 |

Łatwo dostrzec tutaj kilka ciekawych zależności:  
1**. Klaster 1** zawiera dwukrotnie więcej osób niż klaster 2.  
2. Wewnątrz **klastra 1** jest znaczna przewaga osób zdrowych nad osobami chorymi.  
3. Wewnątrz **klastra 2** jest minimalna przewaga osób chorych nad osobami zdrowymi.  
  
Przy takim rozkładzie możemy wyciągnąć kilka wniosków:  
1. **Klaster 1** możemy określić jako „grupa zdrowych”.  
2. **Klaster 1** może składać się z osób, które relatywnie łatwo było zidentyfikować. Mogą to być „standardowe” przypadki chorych i zdrowych. Jeśli potraktować go jako klasyfikator, to osiąga skuteczność podobną do drzew decyzyjnych.  
3. **Klaster 2** możemy określić jako „grupa chorych”.  
4. **Klaster 2** zawiera zapewne przypadki nietypowe, które ciężej jest sklasyfikować.

Aby zweryfikować tezy 2 i 4, dane pogrupowano ponownie, tym razem na 3 klastry.



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Liczba osób | Odsetek zdrowych | Odsetek chorych |
| Klaster 1 | 381 | 0.8661 | 0.1339 |
| Klaster 2 | 230 | 0.4957 | 0.5043 |
| Klaster 3 | 157 | 0.3567 | 0.6433 |

Analizując powyższą tabelę, zauważamy, że:  
1**. Klaster 1** to prawie same osoby zdrowe, tj. dobrze reprezentuje grupę „zdrowych”.  
2. **Klaster 2** zawiera praktycznie taką samą liczbę osób zdrowych i chorych.  
3. **Klaster 3** składa się głównie z osób chorych, tj. reprezentuję grupę „chorzy”.  
  
Powyższe obserwacje zdają się potwierdzać wcześniej postawione tezy – w zbiorze danych znajduje się grupa osób, które ciężko jest sklasyfikować i stanowią one klaster 2.  
Lepsza „skuteczność” klastra 1 niż 3 sugeruje również, że niektóre osoby zdrowe bardzo łatwo jest sklasyfikować, tj. istnieje zapewne „typowy zdrowy pacjent”, ale już niekoniecznie „typowy chory pacjent”.

## Reguły asocjacyjne

## Źródła

1. Baza danych  
<https://www.kaggle.com/uciml/pima-indians-diabetes-database>

## Załączniki

1. Pliki źródłowe w języku R   
2. Baza danych  
3. Treść zadania (PDF)