

Nanodegree Engenheiro de Machine Learning

Aprendizagem Supervisionada

Projeto 2: Construindo um Sistema de Intervenção para Estudantes

Bem-vindo ao segundo projeto do Nanodegree de Machine Learning! Neste Notebook, alguns templates de código já foram fornecidos, e será o seu trabalho implementar funcionalidades necessárias para completar este projeto com êxito. Seções que começam com '**Implementação**' no cabeçalho indicam que o bloco de código que se segue precisará de funcionalidades adicionais que você deve fornecer. Instruções serão providenciadas para cada seção e as especificações para cada implementação estarão marcadas no bloco de código com o comando 'TODO'. Tenha certeza de ler atentamente todas as instruções!

Além do código implementado, haverá questões relacionadas ao projeto e à implementação que você deve responder. Cada seção em que você tem que responder uma questão será antecedida de um cabeçalho '**Questão X**'. Leia atentamente cada questão e escreva respostas completas nas caixas de texto subsequentes que começam com '**Resposta:**'. O projeto enviado será avaliado baseado nas respostas para cada questão e a implementação que você forneceu.

Nota: Células de código e Markdown podem ser executadas utilizando o atalho de teclado **Shift + Enter**. Além disso, as células Markdown podem ser editadas, um clique duplo na célula entra no modo de edição.

Questão 1 - Classificação versus Regressão

Seu objetivo neste projeto é identificar estudantes que possam precisar de intervenção antecipada antes de serem reprovados. Que tipo de problema de aprendizagem supervisionada é esse: classificação ou regressão? Por quê?

Resposta: Se trata de um problema de classificacao, uma vez que precisamos determinar um rotulo para um determinado aluno baseado no modelo treinado.

Observando os Dados

Execute a célula de código abaixo para carregar as bibliotecas de Python necessárias e os dados sobre os estudantes. Note que a última coluna desse conjunto de dados, 'passed', será nosso rótulo alvo (se o aluno foi ou não aprovado). As outras colunas são atributos sobre cada aluno.

```
In [152]: # Importar bibliotecas
import numpy as np
import pandas as pd
from time import time
from sklearn.metrics import f1_score

# Ler os dados dos estudantes
student_data = pd.read_csv("student-data.csv")
print "Os dados dos estudantes foram lidos com êxito!"
```

Os dados dos estudantes foram lidos com êxito!

Implementação: Observando os Dados

Vamos começar observando o conjunto de dados para determinar quantos são os estudantes sobre os quais temos informações e entender a taxa de graduação entre esses estudantes. Na célula de código abaixo, você vai precisar calcular o seguinte:

- O número total de estudantes, `n_students`.
- O número total de atributos para cada estudante, `n_features`.
- O número de estudantes aprovados, `n_passed`.
- O número de estudantes reprovados, `n_failed`.
- A taxa de graduação da classe, `grad_rate`, em porcentagem (%).

In [153]:

```
n_students = len(student_data.count(axis=1))

n_features = len(student_data.count(axis=0))

# TODO: Calcule o número de alunos aprovados
n_passed = len(student_data.passed[student_data.passed == 'yes'])

# TODO: Calcule o número de alunos reprovados
n_failed = len(student_data.passed[student_data.passed == 'no'])

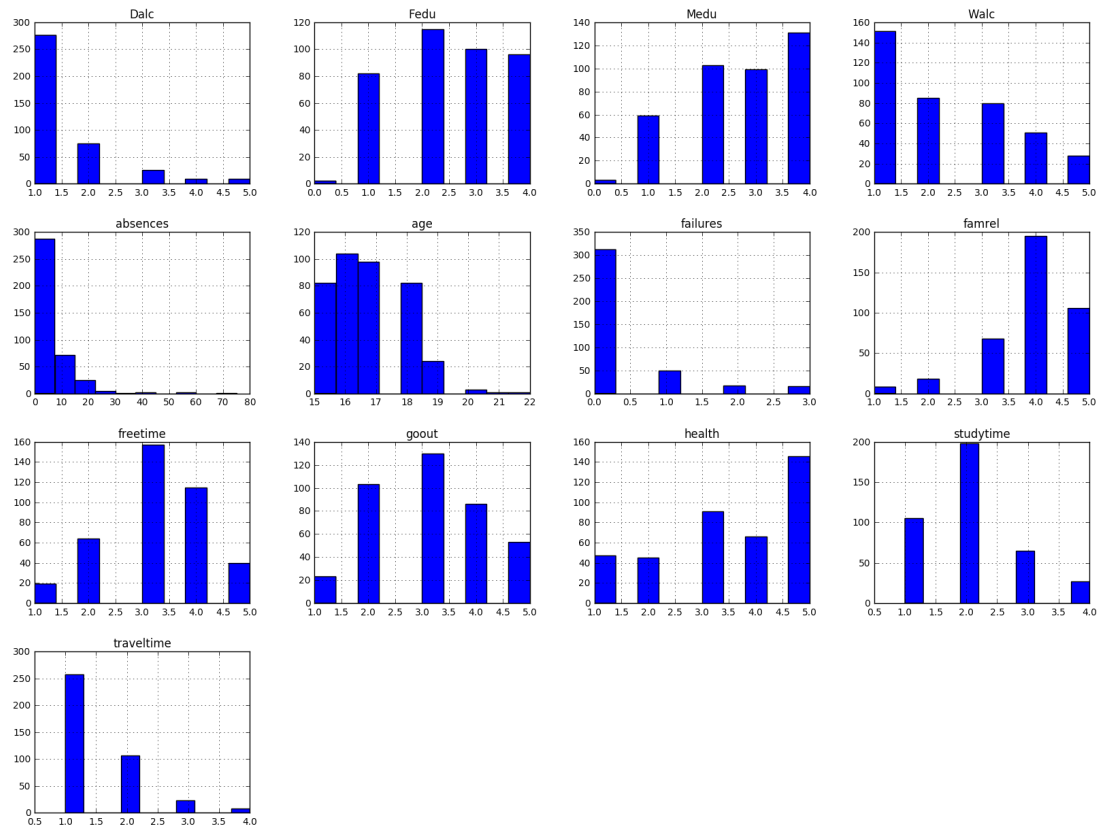
# TODO: Calcule a taxa de graduação
grad_rate = float(n_passed) / n_students * 100

# Imprima os resultados
print "Número total de estudantes: {}".format(n_students)
print "Número de atributos: {}".format(n_features)
print "Número de estudantes aprovados: {}".format(n_passed)
print "Número de estudantes reprovados: {}".format(n_failed)
print "Taxa de graduação: {:.2f}%".format(grad_rate)
```

```
Número total de estudantes: 395
Número de atributos: 31
Número de estudantes aprovados: 265
Número de estudantes reprovados: 130
Taxa de graduação: 67.09%
```

```
In [154]: %matplotlib inline

import matplotlib.pyplot as plt
student_data.hist(figsize=(20,15))
plt.show()
```



Preparando os Dados

Nesta seção, vamos preparar os dados para modelagem, treinamento e teste.

Identificar atributos e variáveis-alvo

É comum que os dados que você obteve contenham atributos não numéricos. Isso pode ser um problema, dado que a maioria dos algoritmos de machine learning esperam dados numéricos para operar cálculos.

Execute a célula de código abaixo para separar os dados dos estudantes em atributos e variáveis-alvo e verificar se algum desses atributos é não numérico.

```
In [155]: # Extraia as colunas dos atributo
feature_cols = list(student_data.columns[:-1])

# Extraia a coluna-alvo 'passed'
target_col = student_data.columns[-1]

# Mostre a lista de colunas
print "Colunas de atributos:\n{}".format(feature_cols)
print "\nColuna-alvo: {}".format(target_col)

# Separe os dados em atributos e variáveis-alvo (X_all e y_all, respectivamente)
X_all = student_data[feature_cols]
y_all = student_data[['passed']]

# Mostre os atributos imprimindo as cinco primeiras linhas
print "\nFeature values:"
print X_all.head()
```

Colunas de atributos:

```
['school', 'sex', 'age', 'address', 'famsize', 'Pstatus', 'Medu', 'Fedu', 'Mjob',
 'Fjob', 'reason', 'guardian', 'traveltime', 'studytime', 'failures', 'schoolsusp',
 'famsup', 'paid', 'activities', 'nursery', 'higher', 'internet', 'romantic',
 'famrel', 'freetime', 'goout', 'Dalc', 'Walc', 'health', 'absences']
```

Coluna-alvo: passed

Feature values:

| | school | sex | age | address | famsize | Pstatus | Medu | Fedu | Mjob | Fjob | \ |
|---|--------|-----|-----|---------|---------|---------|------|------|---------|----------|---|
| 0 | GP | F | 18 | U | GT3 | A | 4 | 4 | at_home | teacher | |
| 1 | GP | F | 17 | U | GT3 | T | 1 | 1 | at_home | other | |
| 2 | GP | F | 15 | U | LE3 | T | 1 | 1 | at_home | other | |
| 3 | GP | F | 15 | U | GT3 | T | 4 | 2 | health | services | |
| 4 | GP | F | 16 | U | GT3 | T | 3 | 3 | other | other | |

| | ... | higher | internet | romantic | famrel | freetime | goout | Dalc | Walc | health | \ |
|---|-----|--------|----------|----------|--------|----------|-------|------|------|--------|---|
| 0 | ... | yes | no | no | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 | 3 | |
| 1 | ... | yes | yes | no | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | |
| 2 | ... | yes | yes | no | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | |
| 3 | ... | yes | yes | yes | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 5 | |
| 4 | ... | yes | no | no | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 | |

absences

| | |
|---|----|
| 0 | 6 |
| 1 | 4 |
| 2 | 10 |
| 3 | 2 |
| 4 | 4 |

[5 rows x 30 columns]

Pré-processar Colunas de Atributo

Como você pode ver, há muitas colunas não numéricas que precisam ser convertidas! Muitas delas são simplesmente `yes / no`, por exemplo, a coluna `internet`. É razoável converter essas variáveis em valores (binários) `1 / 0`.

Outras colunas, como `Mjob` e `Fjob`, têm mais do que dois valores e são conhecidas como variáveis categóricas. A maneira recomendada de lidar com esse tipo de coluna é criar uma quantidade de colunas proporcional aos possíveis valores (por exemplo, `Fjob_teacher`, `Fjob_other`, `Fjob_services`, etc), e assinalar `1` para um deles e `0` para todos os outros.

Essas colunas geradas são por vezes chamadas de *variáveis postiças* (*dummy variables*), e nós iremos utilizar a função `pandas.get_dummies()` (http://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/generated/pandas.get_dummies.html?highlight=get_dummies#pandas.get_dummies) para fazer essa conversão. Execute a célula de código abaixo para executar a rotina de pré-processamento discutida nesta seção.

```
In [156]: def preprocess_features(X):
    ''' Pré-processa os dados dos estudantes e converte as variáveis binárias não
        variáveis binárias (0/1). Converte variáveis categóricas em variáveis post

    # Inicialize nova saída DataFrame
    output = pd.DataFrame(index = X.index)

    # Observe os dados em cada coluna de atributos
    for col, col_data in X.iteritems():

        # Se o tipo de dado for não numérico, substitua todos os valores yes/no po
        if col_data.dtype == object:
            col_data = col_data.replace(['yes', 'no'], [1, 0])

        # Se o tipo de dado for categórico, converta-o para uma variável dummy
        if col_data.dtype == object:
            # Example: 'school' => 'school_GP' and 'school_MS'
            col_data = pd.get_dummies(col_data, prefix = col)

        # Reúna as colunas revisadas
        output = output.join(col_data)

    return output

X_all = preprocess_features(X_all)
print "Processed feature columns ({} total features):\n{}".format(len(X_all.column
```

```
Processed feature columns (48 total features):
['school_GP', 'school_MS', 'sex_F', 'sex_M', 'age', 'address_R', 'address_U', 'f
amsize_GT3', 'famsize_LE3', 'Pstatus_A', 'Pstatus_T', 'Medu', 'Fedu', 'Mjob_at_h
ome', 'Mjob_health', 'Mjob_other', 'Mjob_services', 'Mjob_teacher', 'Fjob_at_hom
e', 'Fjob_health', 'Fjob_other', 'Fjob_services', 'Fjob_teacher', 'reason_course
', 'reason_home', 'reason_other', 'reason_reputation', 'guardian_father', 'guard
ian_mother', 'guardian_other', 'traveltime', 'studytime', 'failures', 'schoolsup
', 'famsup', 'paid', 'activities', 'nursery', 'higher', 'internet', 'romantic',
'famrel', 'freetime', 'goout', 'Dalc', 'Walc', 'health', 'absences']
```

In []:

Implementação: Divisão dos Dados de Treinamento e Teste

Até agora, nós convertemos todos os atributos *categóricos* em valores numéricos. Para o próximo passo, vamos dividir os dados (tanto atributos como os rótulos correspondentes) em conjuntos de treinamento e teste. Na célula de código abaixo, você irá precisar implementar o seguinte:

- Embaralhe aleatoriamente os dados (`X_all` , `y_all`) em subconjuntos de treinamento e teste.
 - Utilizar 300 pontos de treinamento (aproximadamente 75%) e 95 pontos de teste (aproximadamente 25%).
 - Estabelecer um `random_state` para as funções que você utiliza, se a opção existir.
 - Armazene os resultados em `X_train`, `X_test`, `y_train` e `y_test`.

```
In [157]: # TODO: Importe qualquer funcionalidade adicional de que você possa precisar aqui
          from sklearn.cross_validation import train_test_split

          # TODO: Estabeleça o número de pontos de treinamento
          num_train = 300

          # Estabeleça o número de pontos de teste
          num_test = X_all.shape[0] - num_train

          X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X_all, y_all, train_size = num

          # Mostre o resultado da distribuição
          print "O conjunto de treinamento tem {} amostras.".format(X_train.shape[0])
          print "O conjunto de teste tem {} amostras.".format(X_test.shape[0])
```

O conjunto de treinamento tem 300 amostras.
O conjunto de teste tem 95 amostras.

Treinando e Avaliando Modelos

Nesta seção, você irá escolher 3 modelos de aprendizagem supervisionada que sejam apropriados para esse problema e que estejam disponíveis no `scikit-learn`. Primeiro você irá discutir o raciocínio por trás da escolha desses três modelos considerando suas vantagens e desvantagens e o que você sabe sobre os dados. Depois você irá ajustar o modelo a diferentes tamanhos de conjuntos de treinamento (com 100, 200 e 300 pontos) e medir a pontuação F_1 . Você vai precisar preencher três tabelas (uma para cada modelo) que mostrem o tamanho do conjunto de treinamento, o tempo de treinamento, o tempo de previsão e a pontuação F_1 no conjunto de treinamento.

Os seguintes modelos de aprendizagem supervisionada estão atualmente disponíveis no `scikit-learn` (http://scikit-learn.org/stable/supervised_learning.html) para você escolher:

- Gaussian Naive Bayes (GaussianNB)
- Árvores de Decisão
- Métodos de agregação (Bagging, AdaBoost, Random Forest, Gradient Boosting)
- K-Nearest Neighbors (KNeighbors)
- Método do gradiente estocástico (SGDC)
- Máquinas de vetores de suporte (SVM)
- Regressão logística

Questão 2 - Aplicação dos Modelos

Liste três modelos de aprendizagem supervisionada que são apropriadas para esse problema. Para cada modelo escolhido:

- Descreva uma aplicação em mundo real na indústria em que o modelo pode ser aplicado. *(Talvez você precise fazer um pouco de pesquisa para responder essa questão – dê as devidas referências!)*
- Quais são as vantagens do modelo; quando ele tem desempenho melhor?
- Quais são as desvantagens do modelo, quando ele tem desempenho pior?
- O que faz desse modelo um bom candidato para o problema, considerando o que você sabe sobre os dados?

Resposta: A - Árvores de Decisão

Se trata de um algoritmo determinístico simples que generaliza regras para determinação dos limites entre os conjuntos de dados. Ao contrário do KNN, ele exige mais processamento que memória do sistema, uma vez que precisa gerar um modelo a partir dos dados. Porém, não precisa manter as instâncias em memória para prever os resultados.

Um uso prático das árvores de decisão pode ser encontrado na resolução de problemas de decisão numa empresa [3]. Uma vez que as árvores de decisão podem ser exportadas para uma representação gráfica, é possível utilizar essa representação para identificar problemas ou sugerir soluções para os clientes.

Segundo comparativo de Jadhav e Channe [1], o algoritmo trabalha rápido para conjuntos maiores de dados, mas tem performance menos proveitosa que o KNN para conjuntos de dados pequenos. Ele também é menos suscetível quanto a dados ruidosos que o KNN.

Uma desvantagem da árvore de decisão é que a árvore pode ficar muito complexa e perder em generalidade dos dados.

O motivador para avaliar a utilização das árvores de decisão neste projeto é que se trata de um algoritmo muito simples e que pode apresentar bons resultados sem a utilização de um modelo tão complexo quanto o SVM por exemplo.

B - K-Nearest Neighbors (KNeighbors) pode ser considerado um dos modelos mais simples que identifica grupos de dados com características semelhantes. Ele é um algoritmo mais exigente em termos de memória que as árvores de decisão, uma vez que precisa manter as instâncias em memória para realizar previsões.

O KNN é usado principalmente para criar sistemas de recomendação e identificação de similaridade entre indivíduos [4]

Vantagem: ele é um algoritmo de aprendizado baseado em instâncias e consome menos tempo de treinamento, ao contrário do SVM e das árvores de decisão que precisam abstrair um modelo a partir dos dados. Além disso, o KNN consegue trabalhar com dados lineares ou não-lineares e pode criar N agrupamentos de dados diferentes [2].

Desvantagem: se por um lado o KNN demanda pouco tempo para treinamento, seu uso para previsão de um resultado pode demorar mais que um algoritmo baseado em modelo. Outra desvantagem é o espaço em memória necessário para manter as instâncias. Temos ainda que o algoritmo não é determinístico, uma vez que os centroides iniciais são aleatórios, existe a possibilidade de que a acurácia não seja satisfatória na primeira execução. Por isso é interessante rodar o KNN mais de uma vez para amenizar a possibilidade de que os centroides iniciais causem problemas.

Ainda no contexto do KNN, segundo comparativo de Jadhav e Channe [1], o algoritmo trabalha rápido para conjuntos menores de dados, mas tem sua performance afetada em conjuntos de dados muito grandes. Além de perder acurácia quando exposto a dados ruidosos.

O motivador para avaliar a utilização das árvores de decisão neste projeto é que ele trabalha bem tanto com dados lineares quanto não-lineares. Além disso, nosso conjunto de dados não é tão grande a ponto de impactar na performance deste algoritmo. Contudo, ele pode ser afetado por eventuais outliers e ruídos existentes nos dados.

C - Máquinas de vetores de suporte (SVM).

As SVMs são um modelo mais complexo de aprendizado quando comparados com as árvores de decisão e o KNN. Elas tentam separar os dados linearmente utilizando os dados mais relevantes para criar um hiperplano que divida o conjunto de dados.

Uma aplicação real das SVM é a detecção de faces.[5]

Vantagem: ele é menos suscetível a dados ruidosos e a outliers que o KNN e árvores de decisão, uma vez que utiliza apenas os dados mais relevantes para delimitar o hiperplano [2].

Configuração

Execute a célula de código abaixo para inicializar três funções de ajuda que você pode utilizar para treinar e testar os três modelos de aprendizagem supervisionada que você escolheu acima. As funções são as seguintes:

- `train_classifier` - recebe como parâmetro um classificador e dados de treinamento e ajusta o classificador aos dados.
- `predict_labels` - recebe como parâmetro um classificador ajustado, atributos e rótulo alvo e faz estimativas utilizando a pontuação do F_1 .
- `train_predict` - recebe como entrada um classificador, e dados de treinamento e teste, e executa `train_classifier` e `predict_labels`.
 - Essa função vai dar a pontuação F_1 tanto para os dados de treinamento como para os de teste, separadamente.

```
In [158]: def train_classifier(clf, X_train, y_train):
''' Ajusta um classificador para os dados de treinamento. '''

# Inicia o relógio, treina o classificador e, então, para o relógio
start = time()
clf.fit(X_train, y_train)
end = time()

# Imprime os resultados
print "O modelo foi treinado em {:.4f} segundos".format(end - start)

def predict_labels(clf, features, target):
''' Faz uma estimativa utilizando um classificador ajustado baseado na pontuaç

# Inicia o relógio, faz estimativas e, então, o relógio para
start = time()
y_pred = clf.predict(features)
end = time()

# Imprime os resultados de retorno
print "As previsões foram feitas em {:.4f} segundos.".format(end - start)
return f1_score(target.values, y_pred, pos_label='yes')

def train_predict(clf, X_train, y_train, X_test, y_test):
''' Treina e faz estimativas utilizando um classificador baseado na pontuação

# Indica o tamanho do classificador e do conjunto de treinamento
print "Treinando um {} com {} pontos de treinamento. . .".format(clf.__class__

# Treina o classificador
train_classifier(clf, X_train, y_train)

# Imprime os resultados das estimativas de ambos treinamento e teste
print "Pontuação F1 para o conjunto de treino: {:.4f}.".format(predict_labels(c
print "Pontuação F1 para o conjunto de teste: {:.4f}.".format(predict_labels(c
```

Implementação: Métricas de Desempenho do Modelo

Com as funções acima, você vai importar os três modelos de aprendizagem supervisionada de sua escolha e executar a função `train_prediction` para cada um deles. Lembre-se de que você vai precisar treinar e usar cada classificador para três diferentes tamanhos de conjuntos de treinamentos: 100, 200 e 300 pontos. Então você deve ter 9 saídas diferentes abaixo – 3 para cada modelo utilizando cada tamanho de conjunto de treinamento. Na célula de código a seguir, você deve implementar o seguinte:

- Importe os três modelos de aprendizagem supervisionada que você escolheu na seção anterior.
- Inicialize os três modelos e armazene eles em `clf_A`, `clf_B` e `clf_C`.
 - Defina um `random_state` para cada modelo, se a opção existir.
 - **Nota:** Utilize as configurações padrão para cada modelo – você vai calibrar um modelo específico em uma seção posterior.
- Crie diferentes tamanhos de conjuntos de treinamento para treinar cada modelo.
 - *Não embaralhe e distribua novamente os dados! Os novos pontos de treinamento devem ser tirados de `X_train` e `y_train`.*
- Treine cada modelo com cada tamanho de conjunto de treinamento e faça estimativas com o conjunto de teste (9 vezes no total).

Nota: Três tabelas são fornecidas depois da célula de código a seguir, nas quais você deve anotar seus resultados.

```
In [159]: # TODO: Importe os três modelos de aprendizagem supervisionada do sklearn
from sklearn import tree
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn import svm

clf_A = tree.DecisionTreeClassifier()
clf_B = KNeighborsClassifier()
clf_C = svm.SVC()

clfs = [clf_A, clf_B, clf_C]
train_sizes = [100, 200, 300]

X_train = None
X_test = None
y_train = None
y_test = None

for train_size in train_sizes:
    test_size = X_all.shape[0] - train_size
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X_all, y_all, train_size =

        for clf in clfs:
            train_predict(clf, X_train, y_train, X_test, y_test)
```

```
Treinando um DecisionTreeClassifier com 100 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0010 segundos
As previsões foram feitas em 0.0002 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de treino: 1.0000.
As previsões foram feitas em 0.0003 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de teste: 0.7103.
Treinando um KNeighborsClassifier com 100 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0015 segundos
As previsões foram feitas em 0.0013 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de treino: 0.8322.
As previsões foram feitas em 0.0030 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de teste: 0.7571.
Treinando um SVC com 100 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0016 segundos
As previsões foram feitas em 0.0009 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de treino: 0.8535.
As previsões foram feitas em 0.0024 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de teste: 0.8042.
Treinando um DecisionTreeClassifier com 200 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0015 segundos
As previsões foram feitas em 0.0014 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de treino: 1.0000.
As previsões foram feitas em 0.0003 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de teste: 0.7097.
Treinando um KNeighborsClassifier com 200 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0009 segundos
As previsões foram feitas em 0.0041 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de treino: 0.8590.
As previsões foram feitas em 0.0041 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de teste: 0.7789.
Treinando um SVC com 200 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0048 segundos
As previsões foram feitas em 0.0032 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de treino: 0.8660.
As previsões foram feitas em 0.0037 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de teste: 0.7987.
Treinando um DecisionTreeClassifier com 300 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0018 segundos
As previsões foram feitas em 0.0002 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de treino: 1.0000.
As previsões foram feitas em 0.0002 segundos.
Pontuação F1 para o conjunto de teste: 0.6833.
Treinando um KNeighborsClassifier com 300 pontos de treinamento. . .
O modelo foi treinado em 0.0011 segundos
```

Resultados em tabelas

Edite a célula abaixo e veja como a tabela pode ser desenhada em [Markdown \(https://github.com/adam-p/markdown-here/wiki/Markdown-Cheatsheet#tables\)](https://github.com/adam-p/markdown-here/wiki/Markdown-Cheatsheet#tables). Você deve salvar seus resultados abaixo nas tabelas fornecidas.

Classificador 1 - Decision Tree

| Tamanho do Conjunto de Treinamento | Tempo de Treinamento | Tempo de Estimativa (teste) | Pontuação F1 (treinamento) | Pontuação F1 (teste) |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|
| 100 | 0.0010 segundos | 0.0002 segundos | 1.0000 | 0.7103 |
| 200 | 0.0015 segundos | 0.0014 segundos | 1.0000 | 0.7097 |
| 300 | 0.0018 segundos | 0.0002 segundos | 1.0000 | 0.6833 |

Classificador 2 - KNN

| Tamanho do Conjunto de Treinamento | Tempo de Treinamento | Tempo de Estimativa (teste) | Pontuação F1 (treinamento) | Pontuação F1 (teste) |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|
| 100 | 0.0015 segundos | 0.0013 segundos | 0.8322 | 0.7571 |
| 200 | 0.0009 segundos | 0.0041 segundos | 0.8590 | 0.7789 |
| 300 | 0.0011 segundos | 0.0058 segundos | 0.8625 | 0.7519 |

Classificador 3 - SVM

| Tamanho do Conjunto de Treinamento | Tempo de Treinamento | Tempo de Estimativa (teste) | Pontuação F1 (treinamento) | Pontuação F1 (teste) |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|
| 100 | 0.0016 segundos | 0.0009 segundos | 0.8535 | 0.8042 |
| 200 | 0.0048 segundos | 0.0032 segundos | 0.8660 | 0.7987 |
| 300 | 0.0073 segundos | 0.0051 segundos | 0.8820 | 0.7448 |

Escolhendo o Melhor Modelo

Nesta seção final, você irá escolher dos três modelos de aprendizagem supervisionada o *melhor* para utilizar os dados dos estudantes. Você então executará uma busca em matriz otimizada para o modelo em todo o conjunto de treinamento (x_{train} e y_{train}) ao calibrar pelo menos um parâmetro, melhorando em comparação a pontuação F_1 do modelo não calibrado.

Questão 3 - Escolhendo o Melhor Modelo

Baseando-se nos experimentos que você executou até agora, explique em um ou dois parágrafos ao conselho de supervisores qual modelo que você escolheu como o melhor. Qual modelo é o mais apropriado baseado nos dados disponíveis, recursos limitados, custo e desempenho?

Resposta: Baseado nos experimentos, o SVM é uma boa escolha de algoritmo a ser adotado para prever a intervenção dos alunos. A pontuação de testes é maior que do KNN e das árvores de decisão. Além disso, como nosso conjunto de dados não é muito extenso, o tempo gasto para treinamento do modelo não se mostra um fator impeditivo. Temos ainda que as árvores de decisão parecem estar sofrendo de overfitting porque a pontuação de treinamento consegue uma pontuação de 1, mas a pontuação de teste é a menor entre todos os três algoritmos.

Questão 4 – O Modelo para um Leigo

Em um ou dois parágrafos, explique para o conselho de supervisores, utilizando termos leigos, como o modelo final escolhido deve trabalhar. Tenha certeza que você esteja descrevendo as melhores qualidades do modelo, por exemplo, como o modelo é treinado e como ele faz uma estimativa. Evite jargões técnicos ou matemáticos, como descrever equações ou discutir a implementação do algoritmo.

Resposta: O modelo SVM é um algoritmo que tenta maximizar a distância entre dois grupos com características distintas. Ele se baseia nas características mais relevantes para traçar uma linha separando os dois grupos. Quando apresentamos um novo aluno para esse modelo, ele então utiliza as características desse novo aluno para determinar em qual dos lados da linha ele se adequa melhor. Por usar os valores mais relevantes, ele é menos suscetível a variações muito grandes entre as características dos alunos.

Implementação: Calibrando o Modelo (Tuning)

Calibre o modelo escolhido. Utilize busca em matriz (`GridSearchCV`) com, pelo menos, um parâmetro importante calibrado com, pelo menos, 3 valores diferentes. Você vai precisar utilizar todo o conjunto de treinamento para isso. Na célula de código abaixo, você deve implementar o seguinte:

- Importe `sklearn.grid_search.GridSearchCV` (http://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.grid_search.GridSearchCV.html) e `sklearn.metrics.make_scorer` (http://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.make_scorer.html).
- Crie o dicionário de parâmetros que você deseja calibrar para o modelo escolhido.
 - Exemplo: `parameters = {'parameter' : [list of values]}`.
- Inicialize o classificador que você escolheu e armazene-o em `clf`.
- Crie a função de pontuação F_1 utilizando `make_scorer` e armazene-o em `f1_scorer`.
 - Estabeleça o parâmetro `pos_label` para o valor correto!
- Execute uma busca em matriz no classificador `clf` utilizando o `f1_scorer` como método de pontuação e armazene-o em `grid_obj`.
- Treine o objeto de busca em matriz com os dados de treinamento (`X_train` , `y_train`) e armazene-o em `grid_obj`.

In []:

```
In [181]: # TODO: Importe 'GridSearchCV' e 'make_scorer'
from sklearn.grid_search import GridSearchCV
from sklearn.metrics import f1_score, make_scorer

# TODO: Crie a lista de parâmetros que você gostaria de calibrar
param_grid = {'kernel':('linear','poly', 'sigmoid'), 'C':[1, 2, 3, 6, 12]}

# TODO: Faça uma função de pontuação f1 utilizando 'make_scorer'
f1_scorer = make_scorer(f1_score, pos_label='yes')

grid_obj = GridSearchCV(svm.SVC(), param_grid, scoring=f1_scorer)

# TODO: Ajuste o objeto de busca em matriz para o treinamento de dados e encontre
# Obteve erros chamando o fit sem fazer o reshape do array de treinamento, tive qu
# um workaroud para que tudo funcionasse
grid_obj.fit(X_train, np.reshape(y_train.values,[len(y_train)]))

# Get the estimator
estimator = grid_obj.best_estimator_

# Reporte a pontuação final F1 para treinamento e teste depois de calibrar os parâ
print "O modelo calibrado tem F1 de {:.4f} no conjunto de treinamento.".format(pre
print "O modelo calibrado tem F1 de {:.4f} no conjunto de teste.".format(predict_l
```

As previsões foram feitas em 0.0028 segundos.
 O modelo calibrado tem F1 de 0.8000 no conjunto de treinamento.
 As previsões foram feitas em 0.0010 segundos.
 O modelo calibrado tem F1 de 0.8125 no conjunto de teste.

```
In [183]: print(estimator)

SVC(C=1, cache_size=200, class_weight=None, coef0=0.0,
    decision_function_shape=None, degree=3, gamma='auto', kernel='sigmoid',
    max_iter=-1, probability=False, random_state=None, shrinking=True,
    tol=0.001, verbose=False)
```

Questão 5 - Pontuação F_1 Final

Qual é a pontuação F_1 do modelo final para treinamento e teste? Como ele se compara ao modelo que não foi calibrado?

Resposta: Classificador SVM

| Modelo | Pontuação F1 (treinamento) | Pontuação F1 (teste) |
|---------------|----------------------------|----------------------|
| Nao calibrado | 0.8820 | 0.7448 |
| Calibrado | 0.8000 | 0.8125 |

Apesar de o modelo calibrado apresentar uma pontuacao menor do que no modelo nao-calibrado, a pontuacao de teste aumentou muito. Isso sugere que o overfitting foi reduzido, aumentando a capacidade de generalizacao do modelo.

Nota: Uma vez que você completou todas as implementações de código e respondeu todas as questões acima com êxito, você pode finalizar seu trabalho exportando o iPython Notebook como um document HTML. Você pode fazer isso utilizando o menu acima e navegando para

File -> Download as -> HTML (.html). Inclua a documentação final junto com o notebook para o envio do seu projeto.