

[ICon2024] Beer Spotter

Sistema basato su conoscenza

Gruppo di lavoro

-Antonio Papeo , 728625, a.papeo8@studenti.uniba.it

Introduzione

Questo notebook realizzato in SWISH presenta le funzionalità del KBS realizzato per consigliare le birre. Prenderemo in esame una porzione minore di fatti rispetto a quelli utilizzati nel progetto finale con il solo scopo di dimostrarne le funzionalità principali.

Obiettivo

Voglio mostrare l'applicazione del Naive Bayes e del KNN con distanza euclidea in Prolog, avendoli implementati anche in Python per confrontarne i risultati.

Base di conoscenza (KB)

Prendiamo in esame solo i fatti relativi agli stili delle birre. Gli stili totali sono 110, ne selezioneremo solo alcuni.

```
1 % id e nome dello stile
2 styleid(0, altbier).
3 styleid(1, barleywine).
4 styleid(10, bock).
5 styleid(20, ale).
6 styleid(21, dubbel).
7 styleid(30, ipa).
8 styleid(40, lager).
```

```
1 % fatti per l'applicazione del KNN
2 mouthfeel(0, 2.6, 2.4, 1.7).
3 mouthfeel(1, 1.9, 2.9, 4.4).
4 mouthfeel(10, 2.7, 2.4, 2.4).
5 mouthfeel(10, 1.8, 2.9, 1.9).
6 mouthfeel(20, 2.4, 3.0, 1.4).
7 mouthfeel(21, 1.8, 2.4, 2.5).
8 mouthfeel(30, 2.8, 2.2, 2.4).
9 mouthfeel(40, 2.9, 1.9, 1.3).
10
11 taste(0, 2.8, 2.9, 1.5, 1.1).
12 taste(1, 3.4, 4.3, 1.9, 1.1).
13 taste(10, 1.3, 3.5, 1.5, 1.0).
14 taste(10, 2.2, 3.5, 1.4, 1.1).
15 taste(20, 1.8, 2.4, 1.6, 1.2).
16 taste(21, 1.7, 4.3, 1.8, 1.0).
17 taste(30, 3.6, 2.6, 2.7, 1.1).
18 taste(40, 2.3, 1.8, 1.3, 1.2).
19
20 flavour(0, 1.9, 3.3, 1.4, 3.9).
21 flavour(1, 3.3, 3.7, 1.6, 3.9).
22 flavour(10, 2.1, 3.3, 1.4, 3.7).
23 flavour(10, 1.9, 2.1, 1.5, 3.8).
24 flavour(20, 1.9, 2.2, 1.4, 2.7).
25 flavour(21, 3.5, 1.8, 2.0, 3.0).
26 flavour(30, 4.2, 4.4, 2.1, 1.9).
27 flavour(40, 1.5, 3.0, 1.2, 2.8).
```

```
1 % fatti per l'applicazione del Naive Bayes
2 style(altbier, astringent, sweet, malty).
3 style(barleywine, alcohol, sweet, malty).
4 style(bock, astringent, sweet, malty).
5 style(bock, body, sweet, malty).
6 style(ale, body, sweet, malty).
7 style(dubbel, alcohol, sweet, fruits).
8 style(ipa, astringent, bitter, hoppy).
9 style(ipa, body, bitter, hoppy).
10 style(lager, astringent, bitter, hoppy).
11 style(lager, body, sweet, malty).
```

Prendiamo in considerazione i seguenti stili:

- **Altbier**, una birra astringente, dolce e maltosa
- **Barleywine**, una birra alcolica, dolce e maltosa

- **Bock**, una birra astringente o corposa, dolce e maltosa
- **Ale**, una birra corposa, dolce e maltosa
- **Dubbel**, una birra alcolica, dolce e fruttata
- **IPA**, una birra astringente o corposa, amara e luppolata
- **Lager**, una birra astringente o corposa, dolce e maltosa

Adesso aggiungiamo una o due birre per ogni stile.

```
1 % fatti relativi alle birre per mostrare più informazioni in output
2 beer(0, "Amber", "Alaskan Brewing Co.", altbier).
3 beer(1, "Double Bag", "Long Trail Brewing Co.", altbier).
4 beer(39, "Olde School Barleywine", "Dogfish Head Brewery", barleywine).
5 beer(40, "Brewer's Reserve Bourbon Barrel Barleywine", "Central Waters Brewing Company", barleywine).
6 beer(249, "Troegenator", "Troegs Brewing Company", bock).
7 beer(250, "Spaten Optimator", "Spaten-Franziskaner-Brau", bock).
8 beer(449, "Over Ale", "Half Acre Beew Company", ale).
9 beer(450, "Leffe Brune", "Abbaye de Leffe", ale).
10 beer(584, "Première (red)", "Bières de Chimay", dubbel).
11 beer(585, "Maudite", "Unibroque", dubbel).
12 beer(800, "Sculpin", "Ballast Point Brewing Company", ipa).
13 beer(801, "60 Minute Ipa", "Dogfish head brewery", ipa).
14 beer(1016, "Budweiser", "Anheuser-Busch", lager).
15 beer(1017, "Pabst Blue Ribbon (PBR)", "Pabst Brewing Comapny", lager).
```

"Naive" KNN

Abbiamo voluto chiamare il nostro KNN "Naive" in quanto non applica propriamente le procedure del metodo, invece effettua il calcolo della distanza tra le feature numeriche per tutti i fatti presenti nella KB.

```
1 % calcola la distanza euclidea tra i valori dei gruppi di feature
2 dist_mouthfeel(Astringency, Body, Alcohol) :-
3     mouthfeel(A, Ast, Bod, Alc),
4     S is sqrt((Astringency-Ast)^2+(Body-Bod)^2+(Alcohol-Alc)^2),
5
6     styleid(A, Name),
7     write("Stile (texture): "), write(Name), write(" - Distanza: "), write(S), nl.
8
9 dist_taste(Bitter, Sweet, Sour, Salty) :-
10    taste(A, Bit, Swe, Sou, Sal),
11    S is sqrt((Bitter-Bit)^2+(Sweet-Swe)^2+(Sour-Sou)^2+(Salty-Sal)^2),
12
13    styleid(A, Name),
14    write("Stile (gusto): "), write(Name), write(" - Distanza: "), write(S), nl.
15
16 dist_flavour(Fruity, Hoppy, Spices, Malty) :-
17    flavour(A, Fru, Hop, Spi, Mal),
18    S is sqrt((Fruity-Fru)^2+(Hoppy-Hop)^2+(Spices-Spi)^2+(Malty-Mal)^2),
19
20    styleid(A, Name),
21    write("Stile (aroma): "), write(Name), write(" - Distanza: "), write(S), nl.
```

Vogliamo farci consigliare una birra corposa, leggermente astringente e poco alcolica. Mostriamo il nome dello stile con la sua relativa distanza impostando i valori nel seguente modo:

- **Astringency:** 2
- **Body:** 3
- **Alcohol:** 1

❏ ?- dist_mouthfeel(2, 3, 1).

Stile (texture): altbier - Distanza: 1.1

| | |
|-----------------------------------------------------------|---|
| true | 1 |
| Stile (texture): barleywine - Distanza: 3.402939905434711 | |
| Stile (texture): bock - Distanza: 1.676305461424021 | |
| Stile (texture): bock - Distanza: 0.9273618495495703 | |
| Stile (texture): ale - Distanza: 0.5656854249492379 | |
| Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.6278820596099706 | |
| Stile (texture): ipa - Distanza: 1.7999999999999998 | |
| Stile (texture): lager - Distanza: 1.452583904633395 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minimo di distanza lo si ha per lo stile "Ale" (0.56) mentre il valore massimo di distanza lo si ha per lo stile "Barleywine" (3.40). Possiamo quindi affermare che una birra dello stile "Ale" è più corposa che astringente e poco alcolica.

Adesso aggiungiamo che lo stile che vogliamo deve essere leggermente dolce rispetto alle altre feature relative al sapore.

❏ ?- dist_taste(1, 2, 1, 1).

Stile (gusto): altbier - Distanza: 2.0760539492026693

| | |
|----------------------------------------------------------|---|
| true | 1 |
| Stile (gusto): barleywine - Distanza: 3.4452866353904428 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 1.6093476939431082 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 1.9646882704388502 | |
| Stile (gusto): ale - Distanza: 1.0954451150103324 | |
| Stile (gusto): dubbel - Distanza: 2.5337718918639855 | |
| Stile (gusto): ipa - Distanza: 3.165438358268883 | |
| Stile (gusto): lager - Distanza: 1.3638181696985854 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minimo di distanza lo si ha per lo stile "Ale" (1.09) mentre il valore massimo di distanza lo si ha per lo stile "Barleywine" (3.44). Possiamo quindi affermare che una birra dello stile "Ale" è più dolce rispetto alle altre.

Continuiamo la ricerca dello stile aggiungendo che vogliamo un aroma fruttato.

❏ ?- dist_flavour(2, 1, 1, 1).

Stile (aroma): altbier - Distanza: 3.7242448899072143

| | |
|----------------------------------------------------------|---|
| true | 1 |
| Stile (aroma): barleywine - Distanza: 4.2130748865881795 | |
| Stile (aroma): bock - Distanza: 3.570714214271425 | |
| Stile (aroma): bock - Distanza: 3.0512292604784714 | |
| Stile (aroma): ale - Distanza: 2.121320343559643 | |
| Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.808914381037628 | |
| Stile (aroma): ipa - Distanza: 4.291852746774987 | |
| Stile (aroma): lager - Distanza: 2.7440845468024486 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il **valore minimo** di distanza lo si ha per lo stile "Ale" (2.12) mentre il **valore massimo** di distanza lo si ha per lo stile "IPA" (4.29). Possiamo quindi affermare che una birra dello stile "Ale" è più fruttata rispetto alle altre.

Analizzando i dati, possiamo quindi consigliare una birra dello **stile "Ale"** per un utente che cerca una birra **corposa, dolce e fruttata**.

Effettuando una ricerca riguardante lo stile "Ale" e "Barleywine" scopriamo che:

- **Ale** è il termine usato per indicare le birre ad alta fermentazione, [...]. Il risultato è un sapore dolce, dal corpo pieno e fruttato.
-

Il **barley wine** o **barleywine** [...] è un tipo di birra ad alta fermentazione di origine britannica. Ha questo nome perché è la birra che si accosta di più al vino sia per i sapori che per il tasso alcolico che risulta elevato rispetto alla media delle birre.

Naive Bayes

Adesso realizziamo un classificatore **Naive Bayes** per consigliare uno stile di birra basato su feature categoriche e non numeriche. Abbiamo voluto applicare uno **smoothing di Laplace** con **K = 0.1** alla probabilità a priori dello stile e alla probabilità condizionata delle feature categoriche.

Abbiamo scelto un valore molto basso per evitare che si verifichi una sovrastima delle probabilità, quindi abbiamo preferito fare un modello incline a **sottostimare le probabilità**.

```
1 % calcolo la probabilità a priori dello stile
2 count_style(Name, Count) :-
3     findall(Name, style(Name, _, _), L),
4     length(L, Count).
5
6 prob_style(Name, Prob) :-
7     count_style(Name, N),
8     count_style(_, T),
9     C is T+0.2,
10    Prob is (N+0.1)/C.
11
12 % calcolo la probabilità condizionata della prima feature
13 count_mouthfeel(Mouthfeel, Name, Count) :-
14     findall(Mouthfeel, style(Name, Mouthfeel, _), L),
15     length(L, Count).
16
17 prob_mouthfeel(Mouthfeel, Name, Prob) :-
18     count_mouthfeel(Mouthfeel, Name, N),
19     count_style(Name, T),
20     C is T+0.3,
21     Prob is (N+0.1)/C.
22
23 % calcolo la probabilità condizionata della seconda feature
24 count_taste(Taste, Name, Count) :-
25     findall(Taste, style(Name, _, Taste, _), L),
26     length(L, Count).
```

Facciamo calcolare la probabilità che uno stile sia **alcolico** (A = alcohol), **dolce** (B = sweet) e **fruttato** (C = fruits).

```
?- A = body, B = sweet, C = fruits,

    predict(altbier, A, B, C, Altbier),
    predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),
    predict(bock, A, B, C, Bock),
    predict(ale, A, B, C, Ale),
    predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),
    predict(ipa, A, B, C, IPA),
    predict(lager, A, B, C, Lager).

A = body,
Ale = 0.005939471828786134,
Altbier = Barleywine, Barleywine = 0.0005399519844351033,
B = sweet,
Bock = 0.003908837308244578,
C = fruits,
Dubbel = 0.005939471828786136,
IPA = 0.00018613510991640853,
Lager = 0.0020474862090804936
```

A pari merito, troviamo gli stili "Ale" e "Dubbel" con una probabilità di consigliare lo stile dello **0.59%** rispetto a tutte le altre.

Proviamo questa volta a mettere i dati di uno stile di cui **non si conosce la classificazione** per mancanza di dati di addestramento (ad esempio, "sour" non è una feature presente nella conoscenza di base).

```
?- A = alcohol, B = sour, C = malty,

    predict(altbier, A, B, C, Altbier),
    predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),
    predict(bock, A, B, C, Bock),
    predict(ale, A, B, C, Ale),
    predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),
    predict(ipa, A, B, C, IPA),
    predict(lager, A, B, C, Lager).
```

```
A = alcohol,
Ale = Altbier, Altbier = 0.0005399519844351033,
B = sour,
Barleywine = 0.005939471828786135,
Bock = 0.0003553488462040526,
C = malty,
Dubbel = 0.0005399519844351032,
IPA = 1.6921373628764408e-5,
Lager = 0.0001861351099164085
```

Il valore di probabilità più alto si ha con lo stile "Barleywine" (0.59%), quindi una birra con queste caratteristiche è più probabile che appartenga allo stile "Barleywine" che allo stile "IPA", che registra la percentuale più bassa.

Consigliatore Prolog

Eseguiamo le ultime due query come query semplici in Prolog per confrontare la soluzione con quelle precedenti.

```
?- style(Style1, body, sweet, fruits),
    style(Style2, alcohol, sour, malty).
```

false

Inserendo i dati delle query precedenti otteniamo "false" in quanto nella base di conoscenza **non esiste** alcuno stile di birra che è corposo, dolce e fruttato e non esiste uno stile alcolico, aspro e maltato.

Precisione e richiamo

Vogliamo ottenere i valori di precisione e richiamo del Naive Bayes indicato sopra. Prendiamo come dati di test:

- **Altbier:** (0, 2.6, 2.4, 1.7), (0, 2.8, 2.9, 1.5, 1.1), (0, 1.9, 3.3, 1.4, 3.9)
- **Lager:** (40, 2.9, 1.9, 1.3), (40, 2.3, 1.8, 1.3, 1.2), (40, 1.5, 3.0, 1.2, 2.8)
- **Bock:** (10, 2.7, 2.4, 2.4), (10, 1.3, 3.5, 1.5, 1.0), (10, 2.1, 3.3, 1.4, 3.7)
- **IPA:** (30, 2.8, 2.2, 2.4), (30, 3.6, 2.6, 2.7, 1.1), (30, 4.2, 4.4, 2.1, 1.9)

- **Altbier:** astringent, sweet, malty
- **Lager:** astringent, bitter, hoppy
- **Bock:** body, sweet, malty
- **IPA:** body, bitter, hoppy

Naive Bayes

?

?

% altbier (mouthfeel)
dist_mouthfeel(3, 2, 2).

Stile (texture): altbier - Distanza: 0.6403124237432848
true

Stile (texture): barleywine - Distanza: 2.7892651361962706

Stile (texture): bock - Distanza: 0.6403124237432847

Stile (texture): bock - Distanza: 1.503329637837291

Stile (texture): ale - Distanza: 1.3114877048604001

Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.3601470508735443

Stile (texture): ipa - Distanza: 0.48989794855663565

Stile (texture): lager - Distanza: 0.714142842854285

true

true

true

true

true

true

true

1

2

3

4

5

6

7

8

Il valore minore di distanza è 0.48 e corrisponde a IPA, ma noi avevamo inserito i valori di una Altbier.

?

?

% Lager (mouthfeel)
dist_mouthfeel(3, 2, 1)

Stile (texture): altbier - Distanza: 0.8999999999999999
true

Stile (texture): barleywine - Distanza: 3.685105154537656

Stile (texture): bock - Distanza: 1.4866068747318504

Stile (texture): bock - Distanza: 1.74928556845359

Stile (texture): ale - Distanza: 1.2328828005937953

Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.9621416870348583

Stile (texture): ipa - Distanza: 1.42828568570857

Stile (texture): lager - Distanza: 0.3316624790355401

true

true

true

true

true

true

true

1

2

3

4

5

6

7

8

Il valore minore di distanza è 0.33 e corrisponde a Lager; noi avevamo inserito i valori di una Lager per difetto ed eccesso.

?

?

% bock (mouthfeel)
dist_mouthfeel(3, 2, 2)

Stile (texture): altbier - Distanza: 0.6403124237432848
true

Stile (texture): barleywine - Distanza: 2.7892651361962706

Stile (texture): bock - Distanza: 0.6403124237432847

Stile (texture): bock - Distanza: 1.503329637837291

Stile (texture): ale - Distanza: 1.3114877048604001

Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.3601470508735443

Stile (texture): ipa - Distanza: 0.48989794855663565

Stile (texture): lager - Distanza: 0.714142842854285

true

true

1

2

3

4

true

| | |
|------|---|
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.48 e corrisponde a IPA, ma noi avevamo inserito i valori di una Bock per difetto e per eccesso.

| | |
|---------------------------------------------------------------|----------------|
| <div>❏ ?- % IPA (mouthfeel) dist_mouthfeel(3, 2, 2)</div> | <div>❏ ❏</div> |
| Stile (texture): altbier - Distanza: 0.6403124237432848 | |
| true | 1 |
| Stile (texture): barleywine - Distanza: 2.7892651361962706 | |
| Stile (texture): bock - Distanza: 0.6403124237432847 | |
| Stile (texture): bock - Distanza: 1.503329637837291 | |
| Stile (texture): ale - Distanza: 1.3114877048604001 | |
| Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.3601470508735443 | |
| Stile (texture): ipa - Distanza: 0.48989794855663565 | |
| Stile (texture): lager - Distanza: 0.714142842854285 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.48 e corrisponde a IPA; noi avevamo inserito i valori di una IPA arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|--------------------------------------------------------------|----------------|
| <div>❏ ?- % altbier (taste) dist_taste(3, 3, 2, 1)</div> | <div>❏ ❏</div> |
| Stile (gusto): altbier - Distanza: 0.5567764362830023 | |
| true | 1 |
| Stile (gusto): barleywine - Distanza: 1.367479433117734 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 1.841195263952197 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 1.1224972160321822 | |
| Stile (gusto): ale - Distanza: 1.4142135623730951 | |
| Stile (gusto): dubbel - Distanza: 1.849324200890693 | |
| Stile (gusto): ipa - Distanza: 1.0099504938362078 | |
| Stile (gusto): lager - Distanza: 1.5684387141358123 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.55 e corrisponde a Altbier; noi avevamo inserito i valori di una Altbier arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|------------------------------------------------------------|----------------|
| <div>❏ ?- % Lager (taste) dist_taste(2, 2, 1, 1)</div> | <div>❏ ❏</div> |
| Stile (gusto): altbier - Distanza: 1.3076696830622019 | |
| true | 1 |
| Stile (gusto): barleywine - Distanza: 2.840774542268358 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 1.7291616465790582 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 1.5684387141358123 | |
| Stile (gusto): ale - Distanza: 0.7745966692414834 | |
| Stile (gusto): dubbel - Distanza: 2.453568829277059 | |
| Stile (gusto): ipa - Distanza: 2.412467616362964 | |
| Stile (gusto): lager - Distanza: 0.5099019513592784 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.50 e corrisponde a Lager; noi avevamo inserito i valori di una Lager arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|-----------------------------------------------------------|----------------|
| <div>❏ ?- % bock (taste) dist_taste(1, 4, 2, 1)</div> | <div>❏ ❏</div> |
| Stile (gusto): altbier - Distanza: 2.17025344142107 | |
| true | 1 |

| | |
|----------------------------------------------------------|---|
| Stile (gusto): barleywine - Distanza: 2.4228082879171433 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 0.7681145747868608 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 1.4352700094407327 | |
| Stile (gusto): ale - Distanza: 1.8439088914585775 | |
| Stile (gusto): dubbel - Distanza: 0.787400787401181 | |
| Stile (gusto): ipa - Distanza: 3.0364452901377956 | |
| Stile (gusto): lager - Distanza: 2.6570660511172846 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.76 e corrisponde a Bock; noi avevamo inserito i valori di una Bock arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <div>?</div> <div>?- % IPA (taste)</div> <div>dist_taste(4, 3, 3, 1)</div> | <div>?</div> <div>?</div> |
| Stile (gusto): altbier - Distanza: 1.9261360284258224 | |
| true | 1 |
| Stile (gusto): barleywine - Distanza: 1.8083141320025125 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 3.1288975694324033 | |
| Stile (gusto): bock - Distanza: 2.4617067250182343 | |
| Stile (gusto): ale - Distanza: 2.6832815729997477 | |
| Stile (gusto): dubbel - Distanza: 2.9017236257093812 | |
| Stile (gusto): ipa - Distanza: 0.6480740698407859 | |
| Stile (gusto): lager - Distanza: 2.694438717061496 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.64 e corrisponde a IPA; noi avevamo inserito i valori di una IPA arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <div>?</div> <div>?- % altbier (flavour)</div> <div>dist_flavour(2, 3, 1, 4)</div> | <div>?</div> <div>?</div> |
| Stile (aroma): altbier - Distanza: 0.519615242270663 | |
| true | 1 |
| Stile (aroma): barleywine - Distanza: 1.5968719422671314 | |
| Stile (aroma): bock - Distanza: 0.5916079783099614 | |
| Stile (aroma): bock - Distanza: 1.0535653752852738 | |
| Stile (aroma): ale - Distanza: 1.5811388300841893 | |
| Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.3853720883753127 | |
| Stile (aroma): ipa - Distanza: 3.5242020373412193 | |
| Stile (aroma): lager - Distanza: 1.3152946437965907 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| true | 6 |
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.51 e corrisponde a Altbier; noi avevamo inserito i valori di una Altbier arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <div>?</div> <div>?- % Lager (flavour)</div> <div>dist_flavour(2, 3, 1, 3)</div> | <div>?</div> <div>?</div> |
| Stile (aroma): altbier - Distanza: 1.0344080432788598 | |
| true | 1 |
| Stile (aroma): barleywine - Distanza: 1.8303005217723125 | |
| Stile (aroma): bock - Distanza: 0.8660254037844387 | |
| Stile (aroma): bock - Distanza: 1.3076696830622019 | |
| Stile (aroma): ale - Distanza: 0.9486832980505135 | |
| Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.1656407827707715 | |
| Stile (aroma): ipa - Distanza: 3.0364452901377956 | |
| Stile (aroma): lager - Distanza: 0.574456264653803 | |
| true | 2 |
| true | 3 |
| true | 4 |
| true | 5 |
| | 6 |
| true | |

| | |
|------|---|
| true | 7 |
| true | 8 |

Il valore minore di distanza è 0.86 e corrisponde a Lager; noi avevamo inserito i valori di una Lager arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <pre> ? - % bock (flavour) dist_flavour(2, 3, 1, 4) </pre> | <pre> ? ? </pre> |
| <pre> Stile (aroma): altbier - Distanza: 0.519615242270663 true Stile (aroma): barleywine - Distanza: 1.5968719422671314 Stile (aroma): bock - Distanza: 0.5916079783099614 Stile (aroma): bock - Distanza: 1.0535653752852738 Stile (aroma): ale - Distanza: 1.5811388300841893 Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.3853720883753127 Stile (aroma): ipa - Distanza: 3.5242020373412193 Stile (aroma): lager - Distanza: 1.3152946437965907 true true true true true true true </pre> | <pre> 1 2 3 4 5 6 7 8 </pre> |

Il valore minore di distanza è 0.51 e corrisponde a Altbier, ma noi avevamo inserito i valori di una Bock arrotondati per difetto e per eccesso.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <pre> ? - % IPA (flavour) dist_flavour(4, 4, 2, 2) </pre> | <pre> ? ? </pre> |
| <pre> Stile (aroma): altbier - Distanza: 2.978254522367086 true Stile (aroma): barleywine - Distanza: 2.085665361461421 Stile (aroma): bock - Distanza: 2.711088342345192 Stile (aroma): bock - Distanza: 3.3926390907374744 Stile (aroma): ale - Distanza: 2.9154759474226504 Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.4677925358506134 Stile (aroma): ipa - Distanza: 0.46904157598234336 Stile (aroma): lager - Distanza: 2.920616373302047 true true true true true true true </pre> | <pre> 1 2 3 4 5 6 7 8 </pre> |

Il valore minore di distanza è 0.46 e corrisponde a IPA; noi avevamo inserito i valori di una IPA arrotondati per difetto e per eccesso.

Effettuiamo il calcolo della precisione e del richiamo per ogni gruppo di feature:

- Mouthfeel
 - **Precisione:** 2/4 = 0.5
 - **Richiamo:** 2/2 = 1.0
- Taste
 - **Precisione:** 4/4 = 1.0
 - **Richiamo:** 4/4 = 1.0
- Flavour
 - **Precisione:** 3/4 = 0.75
 - **Richiamo:** 3/3 = 1.0

Possiamo dire che il nostro Naive Bayes ha una precisione media di 0.75 e un richiamo di 1.0 su dei dati presenti nella conoscenza di base.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <pre> ? - % altbier A = astringent, B = sweet, C = malty, predict(altbier, A, B, C, Altbier), predict(barleywine, A, B, C, Barleywine), predict(bock, A, B, C, Bock), predict(ale, A, B, C, Ale), predict(dubbel, A, B, C, Dubbel), predict(ipa, A, B, C, IPA), predict(lager, A, B, C, Lager). </pre> | <pre> ? ? </pre> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|

"Naive" KNN

A = astringent,
Ale = Barleywine, **Barleywine** = 0.005939471828786136,
Altbier = 0.06533419011664748,
B = sweet,
Bock = 0.08208558347313615,
C = malty,
Dubbel = 0.0005399519844351033,
IPA = 0.00018613510991640853,
Lager = 0.02252234829988543

≡ ?- % Lager

A = astringent, B = bitter, C = malty,

```
predict(altbier, A, B, C, Altbier),  
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),  
predict(bock, A, B, C, Bock),  
predict(ale, A, B, C, Ale),  
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),  
predict(ipa, A, B, C, IPA),  
predict(lager, A, B, C, Lager).
```

A = astringent,
Ale = Barleywine, **Barleywine** = 0.0005399519844351033,
Altbier = 0.005939471828786135,
B = bitter,
Bock = IPA, **IPA** = 0.003908837308244578,
C = malty,
Dubbel = 4.9086544039554845e-5,
Lager = 0.02252234829988543

≡ ?- % bock

A = body, B = sweet, C = malty,

```
predict(altbier, A, B, C, Altbier),  
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),  
predict(bock, A, B, C, Bock),  
predict(ale, A, B, C, Ale),  
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),  
predict(ipa, A, B, C, IPA),  
predict(lager, A, B, C, Lager).
```

A = body,
Ale = 0.06533419011664748,
Altbier = Barleywine, **Barleywine** = 0.005939471828786136,
B = sweet,
Bock = 0.08208558347313615,
C = malty,
Dubbel = 0.0005399519844351033,
IPA = 0.00018613510991640853,
Lager = 0.02252234829988543

≡ ?- %IPA

A = body, B = bitter, C = hoppy,

```
predict(altbier, A, B, C, Altbier),  
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),  
predict(bock, A, B, C, Bock),  
predict(ale, A, B, C, Ale),  
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),  
predict(ipa, A, B, C, IPA),  
predict(lager, A, B, C, Lager).
```

A = body,
Ale = 0.0005399519844351032,
Altbier = Barleywine, **Barleywine** = Dubbel, **Dubbel** = 4.9086544039554845e-5,
B = bitter,
Bock = 0.00018613510991640853,
C = hoppy,
IPA = 0.08208558347313615,
Lager = 0.02252234829988543

Effettuiamo il calcolo della precisione e del richiamo per tutte le query:

- **Precisione:** 3/4 = 0.75
- **Richiamo:** 3/3 = 1.0

Prolog

Non è necessario calcolare la precisione e il richiamo del consigliere Prolog in quanto il sistema è CWA (Closed World Assumption), quindi se uno stile non esiste, restituirà "false" ottenendo una precisione pari a 1.0 e un richiamo pari a 1.0.

Conclusioni

"Naive" KNN

Questo classificatore fornisce un risultato accettabile, basandosi unicamente sulle feature numeriche, quindi non richiede l'utilità di un esperto che analizzi i dati e li converta in feature categoriche.

Naive Bayes

Il Naive Bayes fornisce percentuali molto basse ma abbastanza accurate, e il suo risultato è simile a quello del "Naive" KNN. L'unico problema è che richiede l'analisi delle feature numeriche e la loro conversione in feature categoriche da parte di un esperto.

Prolog

Il risultato del consigliere Prolog non è adatto alla classificazione degli stili di birra. Nel caso in cui non dovesse esistere una feature categorica, il sistema non è in grado di consigliare nessuno stile.