



UNIVERSITÀ DI PISA

PROGETTO PER IL CORSO DI DATA MINING
A.A. 2017/2018

Analisi del Dataset Human Resources Analytics

Gianmarco Ricciarelli & Maria Cristina Uccheddu & Stefano Carpita

Indice

1	Data Understanding	1
1.1	Data semantics	1
1.2	Distribution of the variables and statistics	1
1.3	Assessing data quality	1
1.4	Variable transformations	4
1.5	Pairwise correlations and eventual elimination of redundant variable	5
2	Clustering analysis	7
2.1	Clustering Analysis by K-means	7
2.1.1	Choice of attributes and distance function	7
2.1.2	Identification of the best value of k	7
2.1.3	Characterization of the obtained clusters by using both analysis of the k centroids and comparison of the distribution of variables within the clusters and that in the whole dataset	7
3	Association Rules	8
4	Classification	9

Capitolo 1

Data Understanding

1.1 Data semantics

Il progetto viene svolto sul dataset (simulato) **Human Resources Analytics**. Questo dataset contiene le informazioni sui dipendenti di un'azienda fittizia, suddivise in base alle colonne elencate nella Tabella 1.1. In questa tabella, per ogni colonna, è stato riportato il tipo di dato usato per classificarla, seguendo la nomenclatura fornita nel testo utilizzato durante il corso, *Guide to Intelligent Data Analysis*. Con la prima colonna, *Satisfaction Level*, viene fornita una valutazione quantitativa del livello di soddisfazione di ciascun dipendente, in un range che va da un valore minimo di 0 ad un massimo di 1. *Last Evaluation* fornisce il tempo trascorso, in anni, dall'ultima valutazione delle performance del dipendente. *Number Project* riporta il numero di progetti completati da ciascun dipendente durante il periodo di lavoro. *Average Montly Hours* rappresenta la media delle ore di lavoro in un mese. *Time Spend Company* corrisponde al numero di anni trascorsi dal dipendente all'interno dell'azienda. *Work Accident* esprime con un 1 il coinvolgimento di un dipendente in un incidente sul lavoro, altrimenti viene impostato come 0. *Left* è utilizzata per tener traccia dei dipendenti che hanno lasciato l'azienda, per i quali viene usato il valore 1, e per quelli che sono rimasti, per i quali viene usato il valore 0. *Promotion last 5 year* esprime con un 1 se il dipendente è stato promosso negli ultimi 5 anni, altrimenti assume il valore 0. *Sales* definisce il dipartimento nel quale il dipendente lavora, e *Salary* esprime il livello (*low*, *medium*, *high*) nel quale rientra il salario del dipendente.

Le descrizioni delle colonne sono state estrapolate dai metadati forniti assieme al Dataset sulla pagina di Kaggle ¹ nella quale il Dataset è contenuto.

Field	Type
satisfaction_level	continuous
last_evaluation	continuous
number_project	discrete
average_monthly_hours	discrete
time_spend_company	discrete
work_accident	discrete
left	discrete
promotion_last_5years	discrete
sales	categorical
salary	ordinal

Tabella 1.1: Colonne presenti nel Dataset e rispettivi tipi.

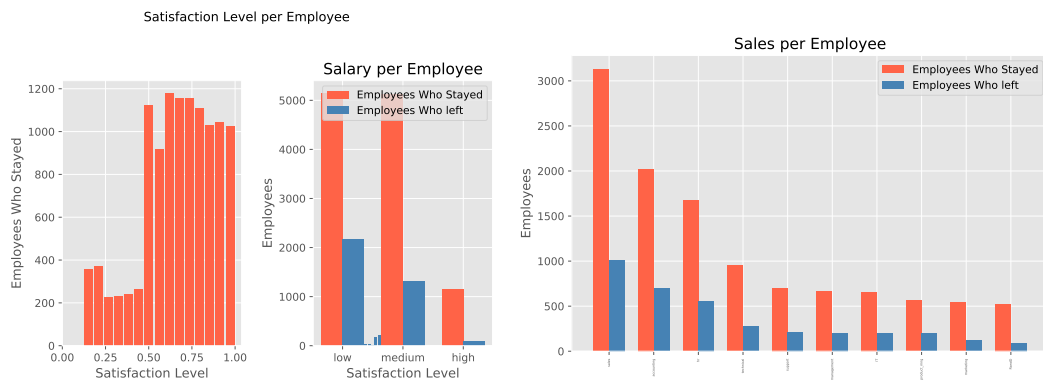
1.2 Distribution of the variables and statistics

In questo paragrafo vengono presentati i grafici relativi alla distribuzione dei valori assunti dalle colonne descritte nella sezione precedente. Viene omesso il codice con i quali tali grafici sono stati costruiti. Ogni figura viene presentata accompagnata da una descrizione della distribuzione rappresentata.

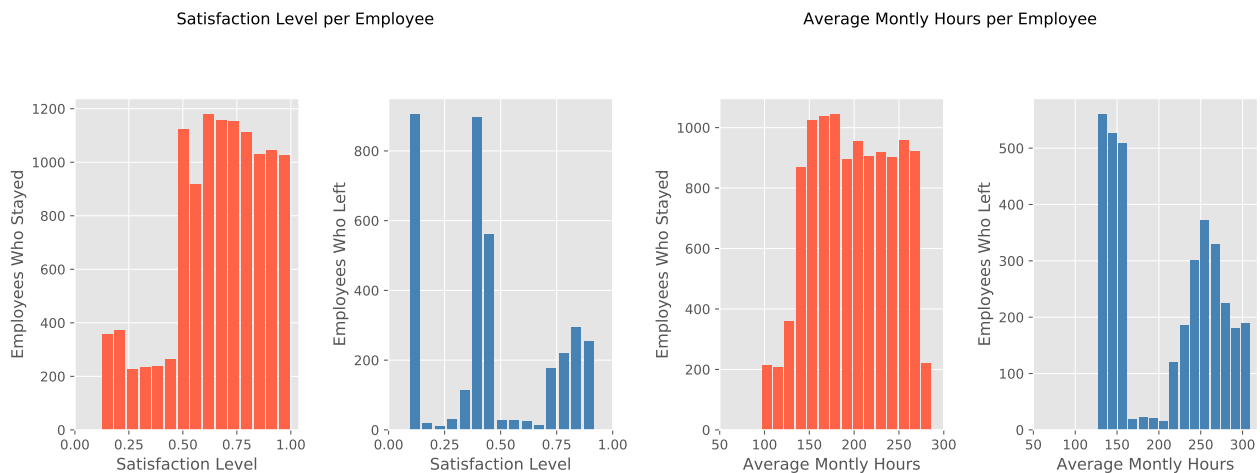
1.3 Assessing data quality

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec

¹<https://www.kaggle.com/>



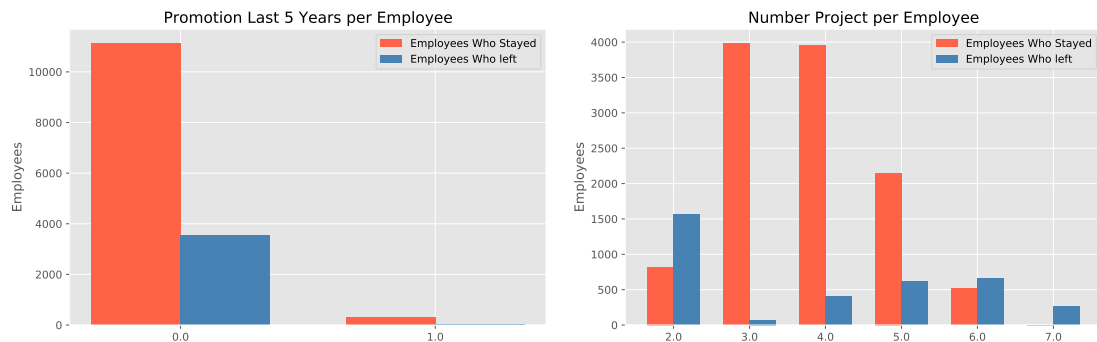
(a) Tra i 3571 impiegati che hanno lasciato l'azienda, 2172 (b) Come possiamo osservare, il reparto sales è quello con il più rietrano nella categoria salariale *low*, mentre tra gli 11428 alto numero di impiegati, sia che essi abbiano lasciato l'azienda sia impiegati rimasti nell'azienda, 5144 rientrano nella categoria che siano rimasti salariale *low*.



(c) Per gli impiegati che hanno lasciato l'azienda, la **media** del livello di soddisfazione è 0.44, la **deviazione standard** è 0.26, i valori **minimo** e **massimo** sono, rispettivamente, 0.09 e 0.92. Per quanto riguarda gli impiegati rimasti sono, rispettivamente, 126 e 310. Per quanto riguarda gli impiegati rimasti abbiamo invece una **media** pari a 0.67, una **deviazione standard** pari a 0.22 e un valore **minimo** e **massimo** pari a 0.12 e 1.0.

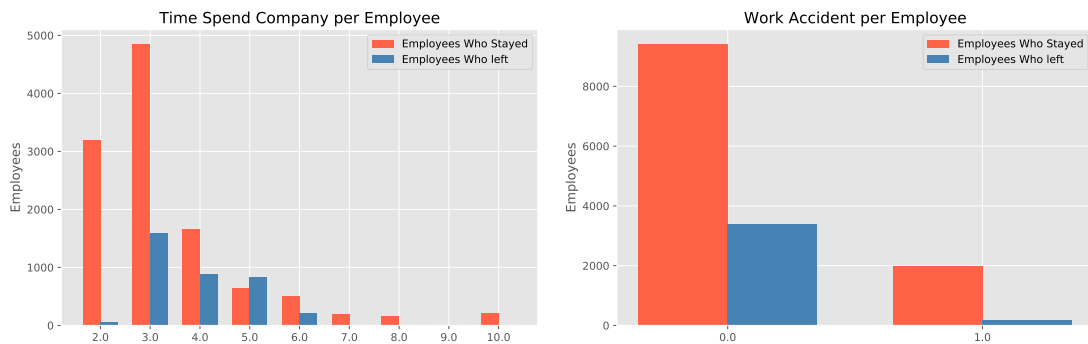
(d) Per gli impiegati che hanno lasciato l'azienda, la **media** delle ore di lavoro mensili è 207.42, la **deviazione standard** è 61.20, i valori **minimo** e **massimo** sono, rispettivamente, 126 e 310. Per quanto riguarda gli impiegati rimasti abbiamo invece una **media** pari a 199.06, una **deviazione standard** pari a 45.68 e un valore **minimo** e **massimo** pari a 96 e 287.

Figura 1.1: Da sinistra verso destra, e dall'alto verso il basso, sono raffigurate le distribuzioni delle colonne *Salary*, *Sales*, *Satisfaction Level* e *Average Monthly Hours*. In rosso vengono rappresentati gli impiegati che sono rimasti nell'azienda, mentre in blu quelli che se ne sono andati. Per ogni colonna vengono fornite delle informazioni riguardo alla **media**, alla **deviazione standard** e ai valori **massimi** e **minimi** dei parametri analizzati.



(a) Come possiamo osservare, la maggior parte degli impiegati che hanno lasciato l'azienda non ha avuto una promozione negli ultimi 5 anni. Soltanto 19 impiegati su 3571 sono stati promossi. Lo stesso vale per gli impiegati rimasti, ma ovviamente in proporzioni diverse.

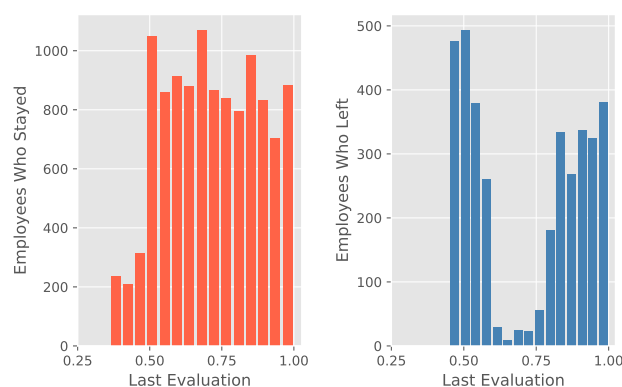
(b) La maggior parte degli impiegati che hanno lasciato l'azienda ha svolto soltanto 2 progetti, mentre quelli che sono rimasti hanno svolto 3 progetti, e in misura leggermente minore 4.



(c) Gli impiegati che se ne sono andati avevano trascorso per la maggior parte 3 anni all'interno dell'azienda, allo stesso modo gran parte degli impiegati al momento in azienda lavora al suo interno da 3 anni.

(d) Soltanto 169 impiegati tra i 3571 che se ne sono andati hanno avuto un incidente sul lavoro, mentre gli impiegati ancora all'interno dell'azienda ad aver subito un incidente sono 2000 su 11428.

Last Evaluation per Employee



(e)

Figura 1.2: Da sinistra verso destra, e dall'alto verso il basso, sono raffigurate le distribuzioni delle colonne *Promotion Last 5 Years*, *Number Project*, *Time Spend Company*, *Work Accident* e *Last Evaluation*. In rosso vengono rappresentati gli impiegati che sono rimasti nell'azienda, mentre in blu quelli che se ne sono andati. Per le prime quattro visualizzazioni sono fornite delle descrizioni sommarie, trattandosi di dati di tipo discreto.

varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

1.4 Variable transformations

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

1.5 Pairwise correlations and eventual elimination of redundant variable

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit

erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Capitolo 2

Clustering analysis

2.1 Clustering Analysis by K-means

2.1.1 Choice of attributes and distance function

2.1.2 Identification of the best value of k

2.1.3 Characterization of the obtained clusters by using both analysis of the k centroids and comparison of the distribution of variables within the clusters and that in the whole dataset

Capitolo 3

Association Rules

Capitolo 4

Classification