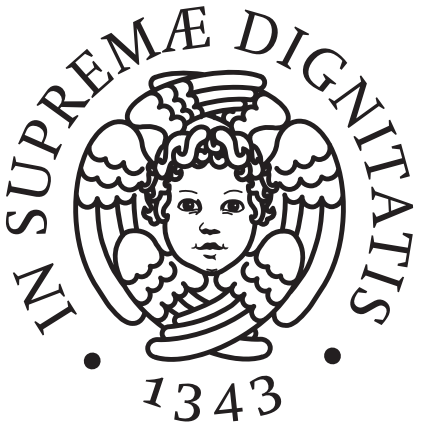


Università di Pisa

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 Obiettivi

In questo progetto viene analizzato il dataset (simulato) *Human Resources Analytics* contenente le informazioni sui dipendenti di un'azienda fittizia. Come mostrato in Figura 1.1 su un totale di 14999 dipendenti il 24%, corrispondente a 3571 lavoratori, ha lasciato l'azienda. Gli obiettivi primari dell'analisi sono i seguenti:

- capire i motivi principali per cui i lavoratori hanno lasciato l'azienda;
- predire probabilisticamente se un lavoratore lascerà in futuro l'azienda;
- indicare al management dell'azienda dei provvedimenti da attuare per ridurre il numero di impiegati che la abbandonano.

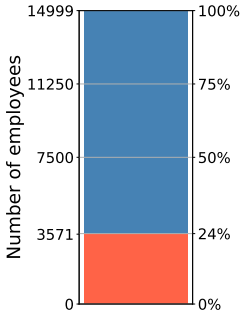


Figura 1.1: Numero di lavoratori

1.2 Data semantics

Il dataset è composto da 10 variabili relative ai dipendenti dell'azienda, riportate in tabella 1.1, delle quali 5 sono di tipologia categorica, di cui una ordinale, e 5 di tipologia numerica.

La variabile *Left* suddivide il dataset tra i dipendenti che hanno lasciato l'azienda e quelli che ci lavorano attualmente, associando alle rispettive categorie i valori 1 e 0. I dipendenti lavorano in 10 diversi dipartimenti indicati nella variabile *Department*, che è stata rinominata rispetto all'originale *Sales* per chiarezza semantica. La promozione o meno di un dipendente durante gli ultimi 5 anni è espressa dalla variabile *Promotion last 5 Year* con un 1 in caso positivo e con 0 altrimenti. *Work Accident* indica con un 1 il coinvolgimento di un dipendente in un incidente sul lavoro, e con 0 il caso contrario. *Salary* esprime il livello (*low*, *medium*, *high*) nel quale rientra il salario del dipendente. Con la variabile *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 l'ultima valutazione riguardo le performance del dipendente, compresa tra 0 ed 1. *Average Montly Hours* rappresenta la media delle ore di lavoro in un mese mentre *Time Spend Company* corrisponde al numero di anni trascorsi dal dipendente all'interno dell'azienda. *Number Projects* riporta il numero di progetti completati da ciascun dipendente durante il periodo di lavoro. Le descrizioni delle variabili sono state estrapolate dai metadati forniti assieme al dataset sulla pagina di Kaggle [1] nella quale il dataset è pubblicato.

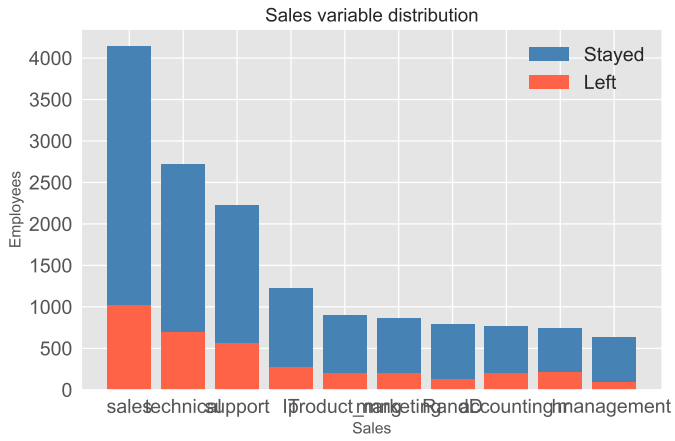
Variable	Type
Left	categorical
Department	categorical
Promotion_last_5years	categorical
Work_accident	categorical
Salary	ordinal
Satisfaction_level	continuous
Last_evaluation	continuous
Average_montly_hours	discrete
Time_spend_company	discrete
Number_projects	discrete

Tabella 1.1: Variabili presenti nel Dataset e rispettivi tipi.

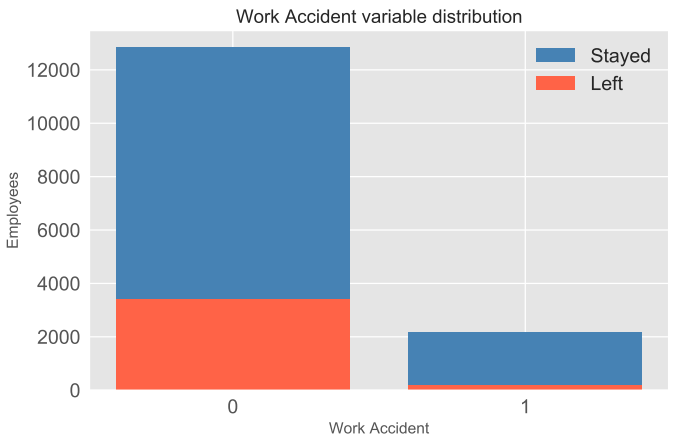
1.3 Distribution of the variables and statistics

In questo paragrafo vengono presentati i grafici relativi alla distribuzione dei valori assunti dalle variabili descritte nella sezione precedente. Per dare una migliore interpretazione a questi abbiamo deciso di sostenere un'analisi accurata che contraddistingue i dipendenti che lavorano nell'azienda, rappresentati dal colore blu, e quelli che invece la hanno lasciata, rappresentati dal colore rosso. Come si può constatare dal grafico in Figura 1.1 in un totale di 14999 dipendenti analizzati: 3571 di questi hanno lasciato l'azienda (quasi il 24% del totale), mentre i restanti 11428 dipendenti (quasi il 76%) sono rimasti nella azienda. Prima di tutto vogliamo studiare la distribuzione dei dipendenti rispetto alle variabili categoriche. La distribuzione mostrata in Figura 1.2a indica la distribuzione degli impiegati nei vari settori: (parte mancante).
Nel grafico in Figura 1.2b si studia il rapporto tra i dipendenti e la presenza o meno di un infortunio durante il periodo di lavoro all'interno dell'azienda e si è riscontrato che 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.
Nel grafico in Figura 1.2c invece rapportiamo ciascun dipendente al fatto che questo sia stato promosso negli ultimi 5 anni oppure no, possiamo ricavare una informazione importante, la totalità degli impiegati che hanno lasciato l'azienda non ha avuto una promozione negli ultimi 5 anni. Soltato 19 impiegati su 11428 di quelli rimasti sono stati promossi. Una volta studiate le distribuzioni categoriche continuiamo l'analisi con gli altri attributi, per renderle più esplicative abbiamo affiancato a ciascun grafico la tabella che lo descrive in modo accurato e in modo che fosse autoesplicativo.

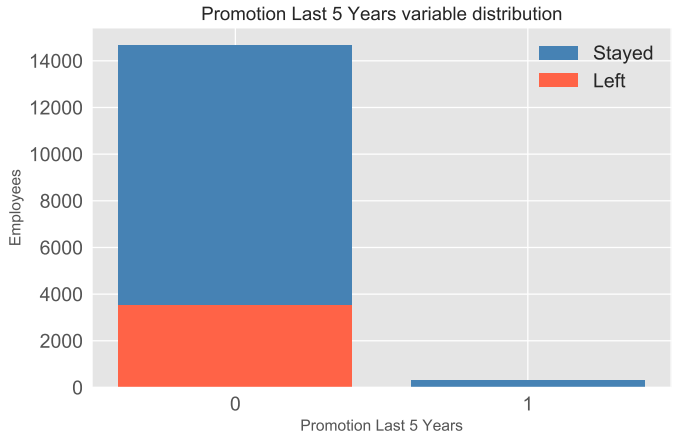
[1] https://www.kaggle.com/



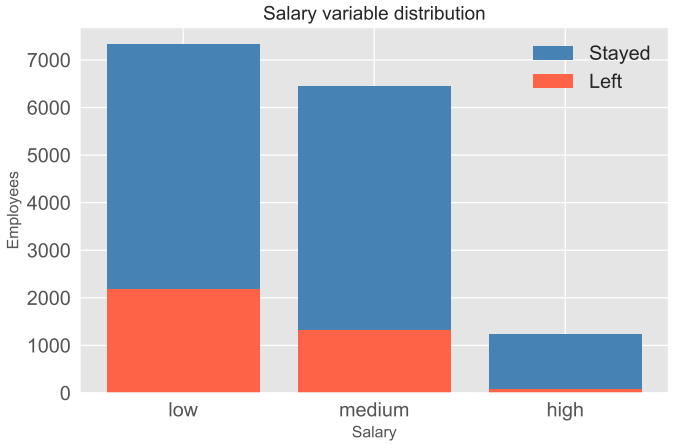
(a) Distribuzione relativa alla variabile *Sales*



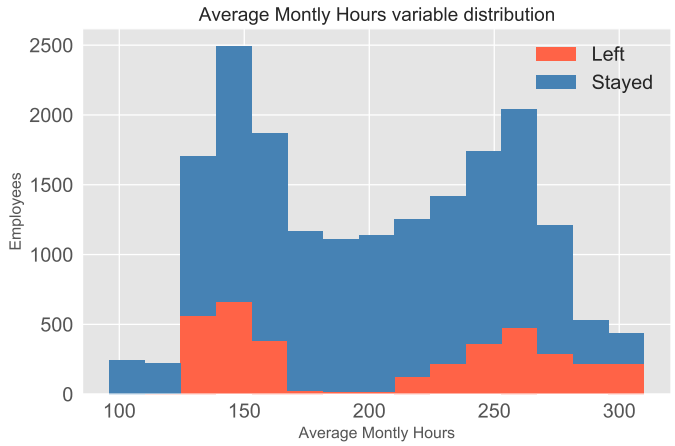
(b) Distribuzione relativa alla variabile *Work Accident*



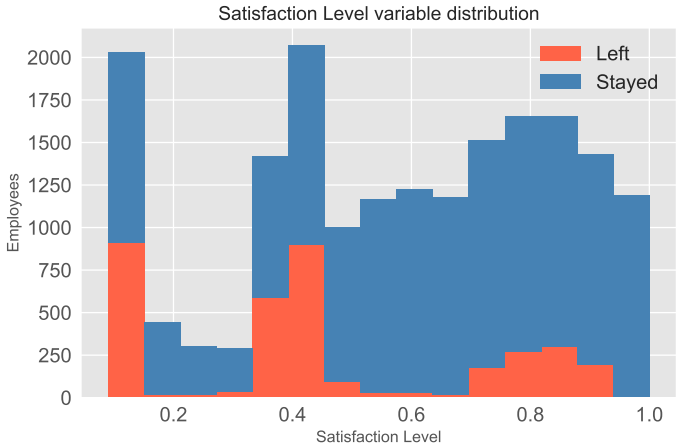
(c) Distribuzione relativa alla variabile *Promotion Last 5 Years*



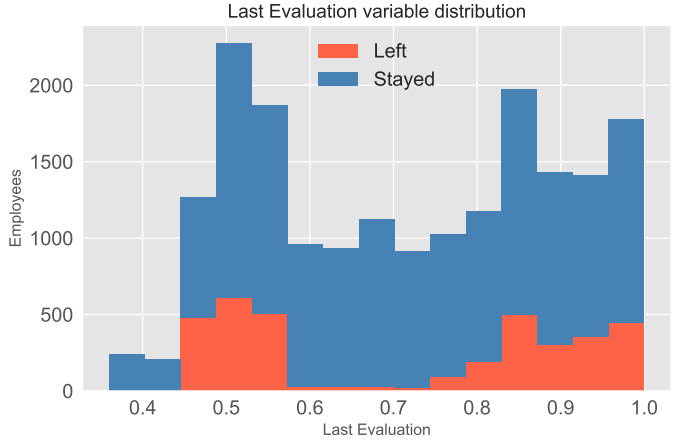
(d) Distribuzione relativa alla variabile *Salary*.



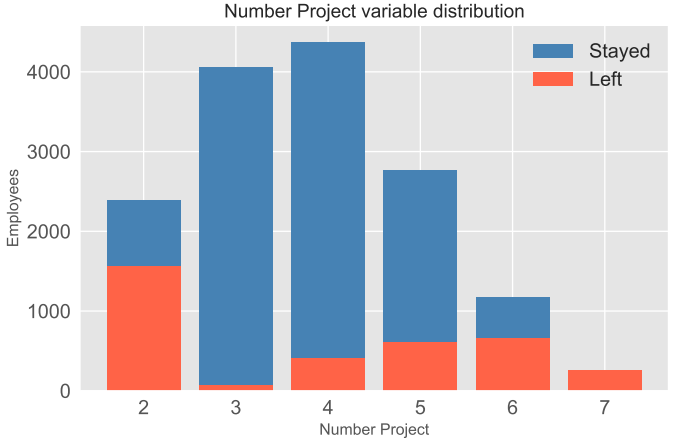
(e) Distribuzione relativa alla variabile *Average Montly Hours*



(f) Distribuzione relativa alla variabile *Satisfaction Level*



(g) Distribuzione relativa alla variabile *Last Evaluation*



(h) Distribuzione relativa alla variabile *Number Project*

Dipendente	Low	Medium	High
InAzienda	5144 (circa 45.02%)	5129 (circa il 44.88%)	1155 (circa il 10.1%)
OutAzienda	2172 (circa 60.8%)	1317 (circa il 36.9%)	82 (circa il 2.3%)

(a) Distribuzione salario per dipendente.

Dipendente	media	dev. std.	min,max
InAzienda	199.06	45.68	96 , 287
OutAzienda	207.42	61.20	126 , 310

(b) Il tempo medio di ore di lavoro al mese per dipendente.

Dipendente	media	dev. std.	min,max
InAzienda	0.67	0.22	0.12 , 1.0
OutAzienda	0.44	0.26	0.09 , 0.92

(c) Livello di soddisfazione per il dipendente.

Dipendente	media	dev. std.	min,max
InAzienda	0.71	0.16	0.36 , 1.0
OutAzienda	0.71	0.19	0.45 , 1.0

(d) Livello di soddisfazione per il dipendente relativo all'ultima valutazione.

Abbiamo rapportato in primis i dipendenti con il proprio salario: possiamo osservare la distribuzione della variabile in Figura 1.2d e le relative percentuali in Tabella 1.2a. Le percentuali che vengono indicate nella tabella non sono in base alla totalità dei dipendenti ma riguardano solo il tipo di dipendente definito dalla riga di appartenenza.
Proseguendo poi con il rapporto tra dipendenti ancora in azienda e non, e il numero delle ore di lavoro in media, possiamo osservare la distribuzione della variabile in Figura 1.2e, e le relative percentuali riportate in Tabella 1.2b.
A questo punto è giusto analizzare il livello di soddisfazione dei dipendenti, del quale possiamo osservare la distribuzione in Figura 1.2f e le relative percentuali in Tabella 1.2c.
Possiamo rapportare rispetto alla precedente valutazione del livello di soddisfazione (cambiare valori della tabella) osservan

1.4 Data quality

- Missing values

- Outliers

L'individuazione dei possibili outliers di una variabile numerica consiste nel verificare se siano presenti dei valori estremi rispetto alla distribuzione dei dati osservati. I test comunemente utilizzati, come il test di Grubb o il criterio di Chauvenet, sono basati sull'assunzione di una distribuzione di probabilità gaussiana, che non si osserva per le variabili numeriche del dataset analizzato (spiegare in distribution of the variables). Un metodo robusto e di immediata applicazione è quello di osservare il boxplot dei dati, identificando come candidati outliers i valori che si trovano al di fuori dei whiskers, ovvero valori x della variabile osservata per cui $|x - \tilde{x}| > 2\,IQR(x)$, dove $\tilde{x}$ è la mediana ed $IQR(x)$ lo scarto interquartile.

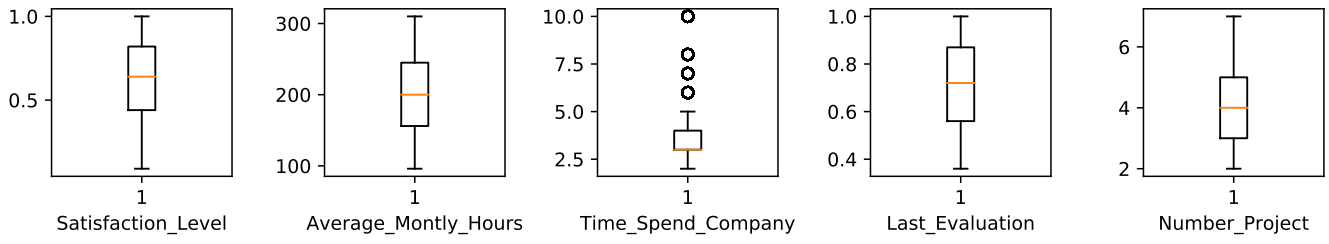


Figura 1.3: Boxplots per le variabili numeriche

1.5 Variable transformations

Analizzando il significato delle variabili presenti nel dataset, abbiamo deciso di rappresentare *Work Accident* e *Left* utilizzando il tipo categorico piuttosto che quello discreto. Questa scelta è stata motivata dall'analisi semantica delle due variabili, le quali forniscono una risposta del tipo "Sì o No" alle domande relative agli incidenti sul lavoro e all'abbandono o meno dell'azienda da parte dei dipendenti.

1.6 Pairwise correlations and eventual elimination of redundant variable

In questa sezione abbiamo studiato la correlazione ovvero la relazione lineare tra i vari attributi continuous o discreti. Dalla matrice riportata in Figura 1.4 possiamo rilevare se ci sia una correlazione positiva, nulla o negativa. Sia per quanto riguarda la correlazione positiva sia per quella negativa si caratterizzano in settori: con valori da 0 a 0.3 correlato debolmente, da 0.3 a 0.7 moderatamente o maggiore di 0.7 fortemente (rispettivamente per la negativa i segni saranno negativi). Da questo possiamo definire che ad avere una correlazione debole è la variabile time_spend_company con left, last_evaluation, number_project e average_monthly_hours. Queste ultime, ad eccezione di left, invece sono correlate fra loro in modo moderato con un valore massimo di 0.42 tra average_monthly_hours e number_project. Il valore 1 indica la correlazione con se stesso che infatti è massima. Dal punto di vista della correlazione negativa, abbiamo debolmente correlati left con work_accident e satisfaction_level con number_projecy e time_spend_company. Abbiamo invece una correlazione negativa moderata tra left e satisfaction_level di valore -0.39.

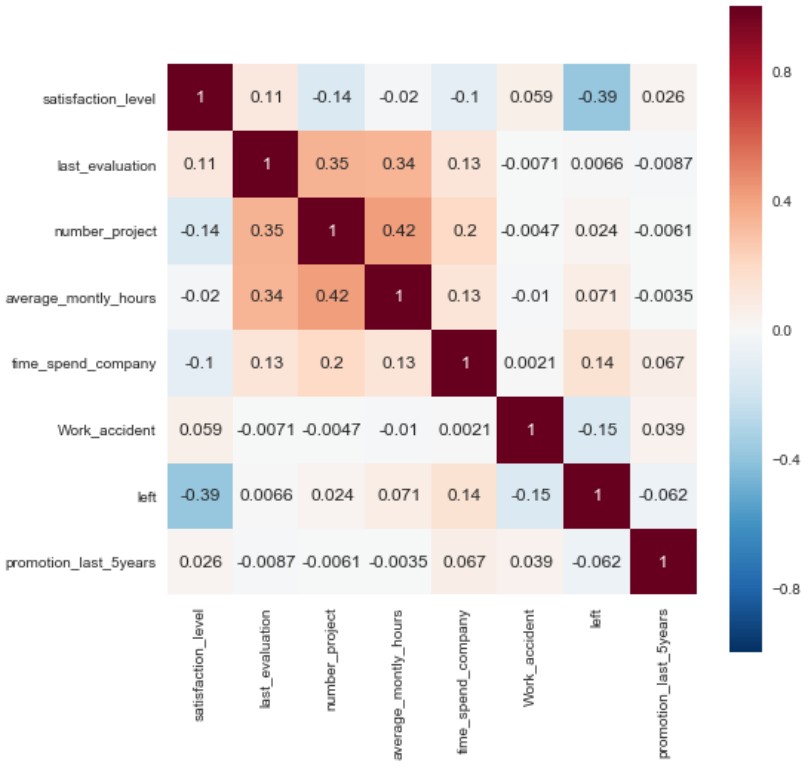


Figura 1.4: Correlation Matrix delle variabili presenti nel Dataset.

2 | Clustering analysis

2.1 Clustering Analysis by K-means

2.1.1 Choice of attributes and distance function

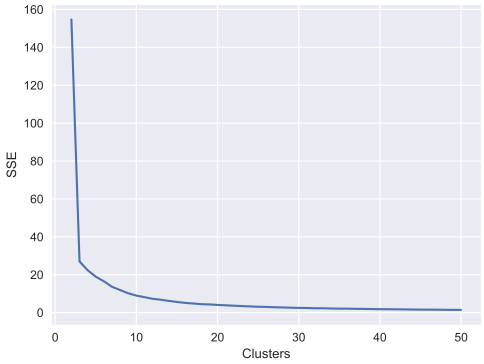
Le variabili sulle quali abbiamo deciso di applicare la Cluster Analysis tramite K-means sono le due variabili di tipo continous presenti nel Dataset, ossia *Satisfaction Level* e *Latest Evaluation*. Le variabili di tipo categorico sono state scartate al momento della scelta dato che la natura stessa dell'algoritmo prevede il suo utilizzo su variabili di tipo numerico.

Approfondire su variabili discrete

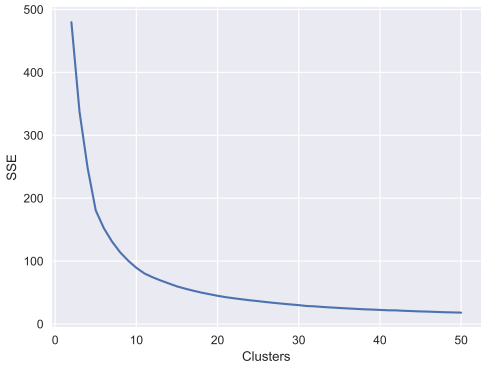
Nell'implementazione dell'algoritmo da noi utilizzata è stato deciso di applicare la distanza euclidea come distance function.

2.1.2 Identification of the best value of k

Al fine di identificare il miglior numero k di clusters da utilizzare, abbiamo tenuto conto dell'Error Sum of Squares (SSE) per ogni iterazione dell'algoritmo, svolta a partire da un valore iniziale di k pari a 2 fino ad un valore massimo di 50. Rappresentato in Figura 2.1a troviamo l'andamento dell'SSE per i cluster relativi ai dipendenti che hanno lasciato l'azienda. Possiamo notare il valore ottimale di k pari a 3, che è la posizione sull'asse dei cluster dove la curva inizia il suo percorso discendente. In figura 2.1b possiamo vedere la stessa cosa, ma per i dipendenti che sono rimasti all'interno dell'azienda. In questo caso notiamo il valore ottimale di k pari a 5.



(a)



(b)

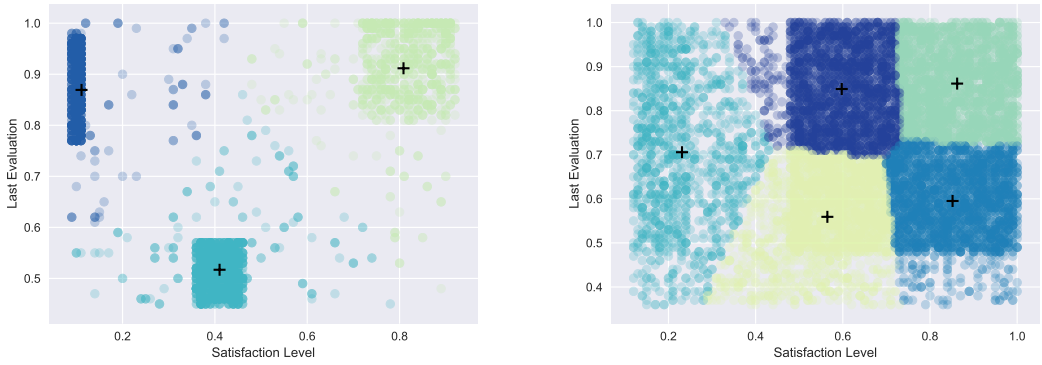
Figura 2.1: Nella Figura 2.1a troviamo la rappresentazione della curva con cui l'SSE dei cluster relativi ai dipendenti che hanno lasciato l'azienda decresce con l'aumentare del numero di cluster . Lo stesso vale per la Figura 2.1b, ma per i dipendenti che sono ancora all'interno dell'azienda.

2.1.3 Characterization of the obtained clusters

Andiamo adesso a dare una descrizione dei cluster emersi dall'applicazione dell'algoritmo K-means con i parametri che abbiamo deciso di utilizzare. Cominciando con l'osservare lo scatterplot relativo ai cluster degli impiegati che hanno lasciato l'azienda, Figura , notiamo che sono ben visibili 3 categorie distinte di impiegati, che possiamo descrivere discorsivamente come

- Impiegati con un livello di soddisfazione basso e un alto score nella valutazione. Questo cluster ci suggerisce la motivazione per cui questi impiegati hanno lasciato l'azienda, ossia una quantità troppo elevata di ore di lavoro, dalla quale deriva probabilmente l'alto score nella valutazione.
- Impiegati con un basso livello di soddisfazione, compreso tra 0.3 e 0.5, e un altrettanto basso score nella valutazione, compreso tra 0.2 e 0.55. La scarsa produttività e soddisfazione suggeriscono che questo gruppo di impiegati ha deciso di lasciare l'azienda per insoddisfazione verso la posizione lavorativa offerta.
- Impiegati con un alto livello di soddisfazione e un alto score nella valutazione, che probabilmente hanno lasciato l'azienda dopo aver ricevuto un'offerta di lavoro più vantaggiosa.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer 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.



(a) (b)

Figura 2.2: Nella Figura 2.2a troviamo i cluster emersi dall'analisi dei dipendenti che hanno lasciato l'azienda, nella Figura 2.2b troviamo invece quelli emersi dall'analisi dei dipendenti rimasti nell'azienda.

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, consectetuer 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 consectetuer.

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.

2.2 Hierarchical clustering

Sulle variabili numeriche del dataset è stato eseguito un clustering gerarchico di tipo agglomerativo, con l'utilizzo di diverse metriche e differenti metodi per il calcolo della dissimilarità tra clusters. Il confronto tra i diversi metodi è stato effettuato utilizzando come indice di validità (non supervisionato), la *cophenetic correlation* ρ_{coph}. Ciascuna coppia di dati del dataset è unita nel dendrogramma in un nodo ad una distanza denominata *cophenetic distance*. La cophenetic correlation è calcolata come coefficiente di correlazione di Pearson tra gli $n(n-1)/2$ valori della matrice delle distanze e le corrispondenti cophenetic distances. Il valore di tale correlazione può essere interpretato come il grado di aderenza del dendrogramma alle distanze originali, ed è quindi una misura della sua validità. In figura 2.3 si osserva che tra i metodi utilizzati *average* e *centroid* risultano quelli con il valore massimo della cophenetic correlation ed equivalenti tra loro. La dissimilarità calcolata con il metodo *average* consiste nella media di tutte le distanze tra coppie di dati appartenenti a due clusters diversi, mentre il metodo *centroid* utilizza la distanza tra i centroidi. Per ciascun metodo sono state testate tre metriche, quella euclidea, Manhattan (o cityblock) e di Mahalanobis. Quest'ultima è una distanza non isotropa che prende in considerazione la correlazione tra le variabili. La distanza euclidea risulta essere la distanza ottimale per i due metodi migliori. Il confronto effettuato ha quindi permesso di individuare due dendrogrammi con la massima cophenetic correlation. E' necessario utilizzare un ulteriore indice per confrontare i due dendrogrammi..

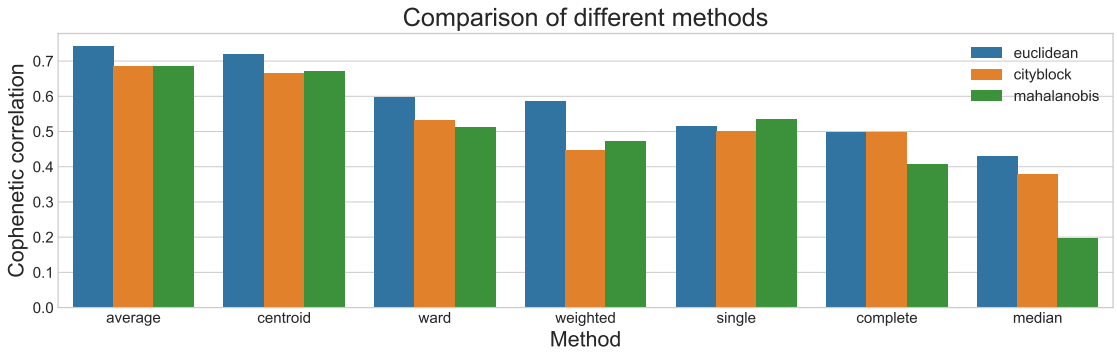
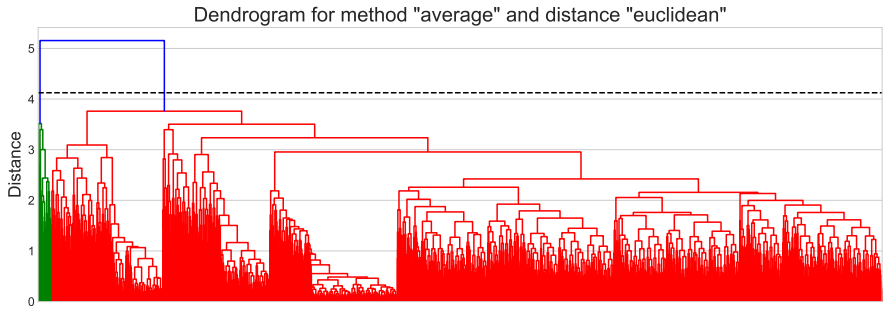


Figura 2.3: Confronto tra diversi metodi



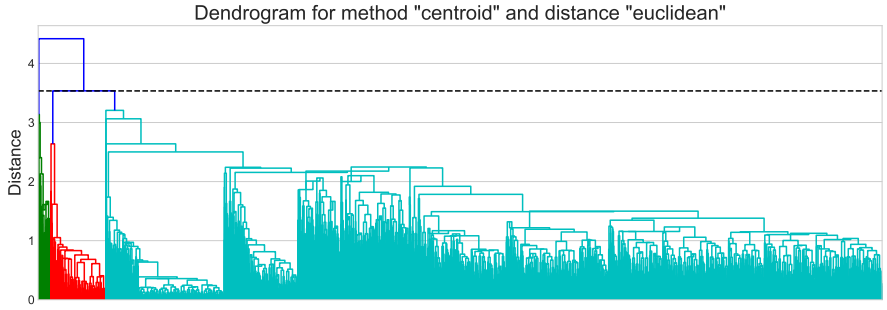


Figura 2.4: Dendrogramma con la migliore cophenetic correlation.

TODO:- taglio del dendrogramma e silhouette, in base al numero di cluster ottenuto in k-means e dbscan
sistemare colori dei dendrogrammi in base al taglio

2.3 Confronto tra metodi di clustering

TODO: confronto finale tramite silhouette dei vari clustering

3 | Association Rules

4 | Classification