



3.5. Matrice di correlazione e componenti principali

In via preliminare è stata effettuata l'analisi di correlazione tra le variabili a disposizione con lo scopo di individuare quelle maggiormente correlate con l'O₃, che viene così assunto come il tracciante di riferimento per lo smog fotochimico.

L'analisi delle componenti principali, inoltre, permette di mettere in evidenza le variabili che maggiormente guidano il fenomeno dello smog fotochimico a scala di bacino e descritto dall'insieme dei dati a disposizione.

La matrice di correlazione di Pearson calcolata sull'intero set di dati orari è riportata in tabella 3.10.⁶

⁶ Il coefficiente di correlazione di Pearson misura il grado di correlazione lineare tra due variabili X ed Y calcolando il seguente rapporto, il cui valore è compreso tra 0 ed 1:

$$r = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}.$$

Da una dettagliata lettura della tabella 3.10 si osserva che:

- Si hanno valori elevati di correlazione tra le medesime specie chimiche relative ai diversi siti di misura. In particolare l'entità dei valori delle correlazioni tra l'ozono dei diversi siti è importante ai fini dello sviluppo di modelli con reti neurali. Per dare rilievo agli aspetti di bacino si riporta in tab. 3.11 la matrice di correlazione per il solo O₃.

Tabella 3.11. *Matrice di correlazione di Pearson dei valori di O₃ relativi alle stazioni di Bassano, Montecchio M., Schio, Vicenza Ovest e Valdagno.*

O ₃	Bassano	Montecchio	Schio	Vicenza	Valdagno
Bassano	1	0.83	0.88	0.79	0.78
Montecchio	0.83	1	0.73	0.92	0.73
Schio	0.88	0.73	1	0.70	0.83
Vicenza	0.79	0.92	0.70	1	0.73
Valdagno	0.78	0.73	0.83	0.73	1

- NO₂ è anticorrelato con l'O₃. Valori piuttosto bassi riguardano la correlazione tra NO₂ ed O₃ di una stessa stazione, ad eccezione delle stazioni di Bassano e Vicenza Ovest. Valori piuttosto elevati, invece, sono assunti dal coefficiente di correlazione tra gli NO₂ di siti diversi, eccezione fatta per gli NO₂ di Schio e Vicenza Ovest.
- L'O₃ di ciascuna località presenta valori di correlazione positivi e piuttosto rilevanti con la temperatura, valori negativi, ma molto alti in valore assoluto, con l'umidità relativa e valori positivi, ma non molto alti, con la radiazione solare. Per quanto riguarda il legame tra l'O₃ e la radiazione solare, si è potuto constatare che l'O₃ assume una correlazione piuttosto significativa con la radiazione solare di due ore precedenti. Tale constatazione ha una giustificazione teorica nelle cinetiche chimiche di formazione dell'ozono, per la quale si rimanda all'appendice A. A tale proposito si riporta nelle tabelle 3.12 e 3.13 un confronto tra i valori di correlazione tra misure contemporanee di O₃ e la radiazione solare totale (RST) ed O₃ ed RST di due ore precedenti, in ciascun sito.

Tabella 3.12. *Matrice di correlazione tra O₃ e le misure contemporanee di RST.*

	O3 B	RST B	O3 M	RST M	O3 S	RST S	O3 Vi	RST Vi	O3 VL	RST VL
O3 B	1	0,52	0,86	0,51	0,93	0,52	0,81	0,51	0,93	0,51
RST B	0,52	1	0,63	0,93	0,51	0,94	0,61	0,93	0,64	0,91
O3 M	0,86	0,63	1	0,65	0,79	0,64	0,90	0,64	0,88	0,62
RST M	0,51	0,93	0,65	1	0,50	0,96	0,65	0,98	0,63	0,96
O3 S	0,93	0,51	0,79	0,50	1	0,53	0,72	0,50	0,93	0,50
RST S	0,52	0,94	0,64	0,96	0,53	1	0,63	0,96	0,65	0,97
O3 Vi	0,81	0,61	0,90	0,65	0,72	0,63	1	0,64	0,84	0,63
RST Vi	0,51	0,93	0,64	0,98	0,50	0,96	0,64	1	0,63	0,96
O3 VL	0,93	0,64	0,88	0,63	0,93	0,65	0,84	0,63	1	0,64
RST VL	0,51	0,91	0,62	0,96	0,50	0,97	0,63	0,96	0,64	1

Tabella 3.13. *Matrice di correlazione tra O₃ ed RST di due ore precedenti.*

	O3 B	RST B	O3 M	RST M	O3 S	RST S	O3 Vi	RST Vi	O3 VL	RST VL
O3 B	1	0,71	0,86	0,69	0,93	0,70	0,80	0,69	0,93	0,68
RST B	0,71	1	0,82	0,93	0,65	0,94	0,83	0,93	0,77	0,92
O3 M	0,86	0,82	1	0,82	0,79	0,80	0,90	0,81	0,88	0,79
RST M	0,69	0,93	0,82	1	0,63	0,96	0,84	0,99	0,76	0,96
O3 S	0,93	0,65	0,79	0,63	1	0,65	0,72	0,62	0,93	0,63
RST S	0,70	0,94	0,80	0,96	0,65	1	0,83	0,96	0,77	0,97
O3 Vi	0,80	0,83	0,90	0,84	0,72	0,83	1	0,83	0,84	0,82
RST Vi	0,69	0,93	0,81	0,99	0,62	0,96	0,83	1	0,75	0,96
O3 VL	0,93	0,77	0,88	0,76	0,93	0,77	0,84	0,75	1	0,76
RST VL	0,68	0,92	0,79	0,96	0,63	0,97	0,82	0,96	0,76	1

- Tra le variabili meteorologiche soltanto la temperatura (T), la radiazione solare totale (RST) e l'umidità relativa (UR) presentano importanti correlazioni con gli inquinanti, in particolare con O₃, mentre la direzione del vento (DV) e la velocità del vento (VV) sono molto poco correlate agli inquinanti ed alle altre variabili meteorologiche, ad eccezione per le stazioni di Schio e Valdagno in cui DV e VV risultano molto correlate alle variabili RST, T ed UR (quest'ultima è presa in considerazione solamente nel caso di Valdagno, in quanto a Schio è assente).

I risultati dell'analisi delle componenti principali sono riportati in tab. 3.14.

Tabella 3.14. *Analisi delle componenti principali sulle variabili relativi alle stazioni di Bassano, Montecchio M., Schio, Vicenza Ovest e Valdagno. Peso di ciascuna variabile sulle prime due componenti principali (Factor loadings).*

	Cmp 1	Cmp 2
N2B	-071	008
OB	091	023
DOB	014	-028
WB	015	-020
RSB	052	072
TB	089	025
URB	-080	-026
N2M	-050	008
OM	081	043
DM	-022	-010
WM	-002	031
RSIM	047	080
TM	086	032
URM	-075	-047
N2S	-043	024
OS	090	022
DVS	-033	-072

	Cmp 1	Cmp 2
WS	015	-052
RSIS	048	080
TS	088	024
N2V	-065	-033
OV	067	055
DV	-001	-001
WV	023	050
RSIV	049	080
TV	085	030
N2L	-072	023
OL	087	036
DVL	-032	-071
WVL	040	046
RSIVL	047	080
TVL	084	041
URL	-073	-060

La tab. 3.14 mostra che le variabili guida sono: il biossido d'azoto (NO₂), l'ozono (O₃), la temperatura (T) e l'umidità relativa (UR) di Bassano; l'ozono, la temperatura e l'umidità relativa di Montecchio; l'ozono e la temperatura di Schio; l'ozono e la temperatura di Vicenza Ovest; il biossido di azoto, l'ozono, la temperatura e l'umidità relativa di Valdagno. In secondo piano risalta, per ciascun sito, la radiazione solare, mentre la DV e la VV risultano praticamente ininfluenti a parte i casi di Valdagno e Schio.

Dai risultati di correlazione e di analisi delle componenti principali si conclude che la DV e la VV hanno scarsa utilità ai fini interpretativi e previsionali dello smog fotochimico. Questa conclusione è rilevante, ma deve essere compresa nel modo corretto. Infatti, il vento rimane un processo di importanza assoluta nel fenomeno complessivo, ma non è di alcuna utilità su base statistica. Una tale considerazione ha risvolti generali che riguardano il differente ruolo delle variabili se il modello di riferimento è statistico o deterministico.

3.6. L'analisi di Fourier

L'analisi di Fourier si basa sulla decomposizione della serie originaria dei dati in una somma di funzioni periodiche di diversa frequenza:

$$Y_t = \sum_{k=0}^{n/2} (a_k \cos w_k t + b_k \sin w_k t), \quad \text{con } t = 1, 2, \dots, n$$

dove Y_t è l'osservazione al tempo t , w_k , a_k e b_k sono rispettivamente le *frequenze* ed i *coefficienti di Fourier*.

L'analisi spettrale consente di porre in rilievo quali sono le frequenze (e quindi le periodicità) più importanti. Il *periodogramma* misura infatti l'intensità della frequenza k -esima all'interno della serie di valori e quindi l'importanza che assume ogni singolo periodo p_k della serie.

Questo metodo richiede che nella serie temporale da esaminare non vi siano "dati mancanti". Per ovviare a questo problema si usa ricostruire i dati mancanti con dati ottenuti mediante interpolazione lineare dei punti adiacenti.