

Sistemi di monitoraggio degli odori (IOMS): caratteristiche e impieghi

Valeria Alfano¹

¹Affiliation not available

Abstract

Le molecole odorigene presenti nell'aria stimolano i recettori del nostro naso, generando sensazioni fortemente soggettive, legate alle percezioni del singolo essere umano. Tuttavia, quando si parla di emissioni odorigene legate all'attività di impianti, è importante tenere sotto controllo tali quantità emesse, in quanto possono rappresentare una molestia olfattiva se particolarmente intense, frequenti e durature. Per questo motivo nascono gli IOMS (Instrumental Odour Monitoring System), sistemi di monitoraggio di odori, dispositivi intelligenti progettati per essere in grado di misurare la presenza, la tipologia e i livelli di emissioni odorigene provenienti da impianti, così come l'eventuale impatto negativo sull'ambiente e sulla salute umana che essi possono produrre, sia a livello fisico che psicologico. È importante sottolineare, come nell'applicazione della tecnologia IOMS, sia necessario combinare le giuste tecniche, come ad esempio la ANN (Artificial Neural Network) e la LDA (Linear Discriminant Analysis), per ottenere dati il più possibile corretti e affidabili.

Introduzione

Negli ultimi anni, la tecnologia IOMS ha preso piede nell'ambito dello studio della qualità dell'aria e in particolare nel monitoraggio delle emissioni odorigene, in aumento a causa delle attività in-

dustriali in continua crescita ^{1 2}. Il sistema IOMS (Instrumental Odour Monitoring System) è anche noto come “naso elettronico” e la sua peculiarità consta nella combinazione della sensibilità della percezione olfattiva umana e di una parte analitica di acquisizione, misurazione e lavorazione dei dati ³.

Uno dei maggiori benefici della tecnologia IOMS risiede nella possibilità di ottenere misurazioni continue con ricezione di dati sugli odori in tempo reale: i vantaggi del suo impiego superano ormai quelli dei metodi sensoriali (es. olfattometria dinamica, riconosciuta dalla normativa EN13725/2003 a livello europeo ⁴) e analitici (es. GasCromatografia-Spettrometria di Massa (GC-MS)) ^{5 6 7}. Tuttavia, questa tecnologia richiede ancora alcuni miglioramenti nelle applicazioni in situ, per le quali è infatti oggetto di studio ^{1 8}. Sono numerosi, infatti, i gruppi di ricerca che focalizzano la loro attenzione sui possibili modi di migliorare la tecnologia del naso elettronico ⁹. A livello nazionale, è con il D.Lgs. n. 102/2020 che si introduce finalmente nel precedente D.Lgs. n. 152/2006 la nozione di “emissioni odorigene”, definite come “emissioni convogliate o diffuse aventi effetti di natura odorigena”; è dunque chiaro come l’interesse generale per questo argomento aumenti proporzionalmente negli anni con l’aumentare delle attività industriali .

Gli IOMS, sono generalmente costituiti da un sistema di campionamento e da una unità di rilevamento nella quale sono allocati l’array di sensori e un sistema di elaborazione del segnale. Sono necessari tre passaggi principali per ottenere i dati di output: acquisizione dei dati, elaborazione dei segnali e riduzione dei dati acquisiti e applicazione delle tecniche di pattern-recognition. A causa del grande numero di valori di input, l’output prevederà una quantità di dati sensibilmente ridotta in modo da mantenere soltanto quelli fondamentali, riducendo i tempi necessari alla computazione e migliorando la velocità e l’accuratezza del sistema. Questo è il compito delle tecniche di feature-extraction dei dati: quella di cui si vuole trattare nel presente articolo è soprattutto la curva di risposta originale dei sensori abbinata alle tecniche di pattern-recognition quali la Rete Neurale Artificiale (ANN, Artificial Neural Network) e l’Analisi Discriminante Lineare (LDA, Li-

near Discriminant Analysis). Queste ultime, sono invece dei modelli matematici usati per stabilire una relazione tra le variabili di input (indipendenti) e le variabili di output (dipendenti) presenti nel dataset ¹. La tecnica ANN è un metodo biologico progettato per simulare il modo in cui il cervello umano elabora le informazioni e si basa sull'impiego di neuroni artificiali connessi tra loro a formare una rete ¹⁰. La tecnica LDA, invece, è un metodo statistico tradizionale che adotta combinazioni lineari di variabili ¹. È particolarmente importante, pertanto, la trattazione matematica della correlazione tra questa “metrica degli odori” e la percezione umana degli stessi. Il presente articolo vuole descrivere la tecnologia IOMS e l'importanza dell'applicazione di diverse tecniche combinate tra loro per ottenere i migliori risultati possibili, specificamente la combinazione tra i dati della curva di risposta originale dei sensori e le tecniche di ANN e LDA.

Applicazione degli strumenti IOMS: due casi studio italiani

Come è ormai noto, i cattivi odori provenienti dalle fabbriche e dagli impianti portano spesso i residenti che abitano nelle vicinanze a contattare le autorità competenti segnalando la problematica ^{11 6 8}; inoltre, le emissioni odorigene particolarmente intense possono avere un impatto negativo sia sulla salute umana sia sul turismo dell'area coinvolta e di conseguenza sulla sua economia ^{12 13}. Tuttavia è complicato stabilire dei limiti normativi entro i quali queste emissioni devono rientrare a causa dell'elevata componente soggettiva della percezione degli odori: essi vengono infatti considerati, in generale, difficili da misurare ¹⁴. Nell'ambito di un monitoraggio continuo di queste emissioni, l'Università di Bari, supportata dai finanziamenti del progetto Horizon 2020 dell'UE, che finanzia la ricerca e lo sviluppo, ha potuto dare vita al progetto ODORPREP (Automated Odor Emission Sampler), in funzione dal 1 Marzo 2017 e fino al 28 Febbraio 2019 nella città di Taranto. Per la sua realizzazione, gli sviluppatori hanno progettato una applicazione per smartphone utile per i cittadini a segnalare emissioni di odori forti e poco piacevoli e collegata a numerose unità di

raccolta sparse per la città che collezionavano un campione d'aria poi da analizzare in laboratorio. ODORPREP ha anche sviluppato dei nasi elettronici, proprio secondo la tecnologia IOMS, per permettere un monitoraggio continuo dell'aria, prevedendo addirittura eventuali emissioni dannose o di disturbo per l'uomo. È stato grazie a questo esperimento e soprattutto al feedback dei cittadini che è stato possibile quindi studiare la qualità dell'aria in maniera tempestiva e continuata proprio perché i tempi che andavano dal riconoscimento degli odori da parte dei cittadini fino allo studio delle emissioni stesse sono stati particolarmente brevi e hanno condotto a risultati soddisfacenti.

Un ulteriore esempio dell'impiego delle tecnologie IOMS può essere quello del SEED dell'Università degli Studi di Salerno, il quale ha prestato le sue tecnologie per lo studio delle emissioni odorigene provenienti da un impianto industriale petrolchimico, lavorando con i metodi di pattern-recognition dell'Analisi Discriminante Lineare (LDA) e delle Reti Neurali Artificiali (ANN) ¹. Lo studio inizia dalla raccolta dei dati di input, ovvero delle emissioni e termina con l'ottenimento di dati in termini di resistenza elettrica fornita dai sensori. I risultati dello studio sono stati poi trasferiti in diagrammi cartesiani dove l'ascissa è rappresentata dalla quantità tempo calcolata in minuti e l'ordinata dai valori in resistenza elettrica. La curva ottenuta è stata poi analizzata sia nella sua totalità, sia nelle sue fasi di rise, intermediate e peak period, ovvero nelle fasi di crescita, intermedia e di picco prese singolarmente. È stata effettuata poi una analisi comparativa dei modelli di monitoraggio e classificazione degli odori ottenuti combinando le diverse tecniche di feature-extraction e i modelli pattern-recognition calcolando in percentuale il rapporto tra il numero di dati classificati correttamente e il numero di dati ottenuti in totale. Dall'applicazione delle tecniche LDA e ANN, dal precedente esperimento si conviene che la tecnica ANN è quella maggiormente indicata, in quanto i risultati sono più realistici e inoltre l'ANN presenta un potenziale maggiore di pattern-recognition in tutti gli esperimenti portati avanti ^{1 15}.

Conclusioni

Dallo studio dei risultati ottenuti, viene evidenziato come una giusta combinazione tra le tecniche di pattern-recognition e feature-extraction possa garantire l'ottenimento di dati più precisi, minimizzando quelli ritenuti superflui e migliorando la qualità e l'affidabilità del sistema. In generale, potrebbero essere migliorati i sensori in quanto a numero o posizione oppure ci si potrebbe focalizzare sulle tecniche di feature-extraction e sui metodi di pattern-recognition. Per il primo esperimento menzionato, il feedback dei cittadini è stato uno strumento valido e prezioso in quanto la loro tempestiva risposta ha permesso di analizzare e approfondire la tematica in tempi rapidi. Nel secondo esperimento si sottolinea come selezionare le giuste modalità di estrazione ed elaborazione dei dati rappresenta il punto di partenza per degli studi sempre più precisi e attendibili. In conclusione, l'attenzione nei confronti di tematiche quali le emissioni odorigene sta aumentando sempre di più tra la popolazione: per questo motivo, vista l'assoluta importanza di questo tema, gli IOMS rappresentano un alleato fondamentale per il loro studio e monitoraggio.

References

1. Zarra, T., Galang, M. G. K., Jr., F. C. B., Belgiorno, V. & Naddeo, V. Instrumental Odour Monitoring System Classification Performance Optimization by Analysis of Different Pattern-Recognition and Feature Extraction Techniques. *Sensors* **21**, (2021).
2. Zarra, T., Naddeo, V. & Belgiorno, V. A novel tool for estimating the odour emissions of composting plants in air pollution management. *Global Nest Journal* **11** (4), 477-486,
3. Yan, J. *et al.*. Electronic Nose Feature Extraction Methods: A Review. *Sensors* (2015).
4. Zarra, T., Reiser, M., Naddeo, V., Belgiorno, V. & Kranert, M. A comparative and Critical Evaluation of Different Sampling Materials in the Measurement of Odour Concentration by Dynamic

Olfactometry. *Chemical Engineering Transactions* **30,6**,

5.Zarra, T., Naddeo, V., Belgiorno, V., Reiser, M. & Kranert, M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Science and Technology* **58 (1), 89-94**,

6.Belgiorno, V., Naddeo, V. & Zarra, T. *Odour impact assessment handbook*. (John Wiley & Sons).

7.Zarra, T., Reiser, M., Naddeo, V., Belgiorno, V. & Kranert, M. Odour Emission Characterization from Wastewater Treatment Plants by Different Measurements Methods. *Chemical Engineering Transactions* **40**, (2014).

8.Giuliani, S. *et al.*. An Alternative Approach of the E-Nose Training Phase in Odour Impact Assessment. *Chemical Engineering* **30**,

9.Viccione, G., Zarra, T., Giuliani, S. & Belgiorno, V. Performance study of e-nose measurement chamber for environmental odour monitoring. *Chemical Engineering* **30**,

10.Zarra, T., Galang, M. G., Jr., F. B., Belgiorno, V. & Naddeo, V. Environmental odour management by artificial neural network - A review. *Elsevier* **133, Part B**, (2019).

11.Zarra, T., Belgiorno, V. & Naddeo, V. Environmental Odour Nuisance Assessment in Urbanized Area: Analysis and Comparison of Different and Integrated Approaches. *Atmosphere* (2021).

12.Zarra, T., Giuliani, S., Naddeo, V. & Belgiorno, V. Control of odour emission in wastewater treatment plants by direct and undirected measurement of odour emission capacity. *Water Science and Technology* **66 (8), 1627-1633**,

13.Zarra, T., Naddeo, V., Giuliani, S. & Belgiorno, V. Optimization of field inspection method for odour impact assessment. *Chemical Engineering Transactions* **23, 93-98**,

14.Zarra, T., Naddeo, V. & Belgiorno, V. Measurement, management and control of odours in wastewater treatment plants by portable GC-MS. *Chemical Engineering Transactions* **15, 63-70**,

15. Zarra, T., Galang, M. G. K., Belgiorno, V. & Naddeo, V. Environmental Odour Quantification by IOMS: Parametric vs. Non-Parametric Prediction Techniques. *Chemosensors* (2021).

Figure Captions

Figure 1. Le emissioni odorigene derivanti dagli impianti (fonte: unsplash.com)

Figure 2. Il sistema Odorprep (fonte: odorprep.eu)

Figure 3. Studio della curva di risposta originale dei sensori ¹

Figures



Figure 1: Le emissioni odorigene derivanti dagli impianti (fonte: unsplash.com)



Figure 2: Il sistema Odorprep (fonte: odorprep.eu)

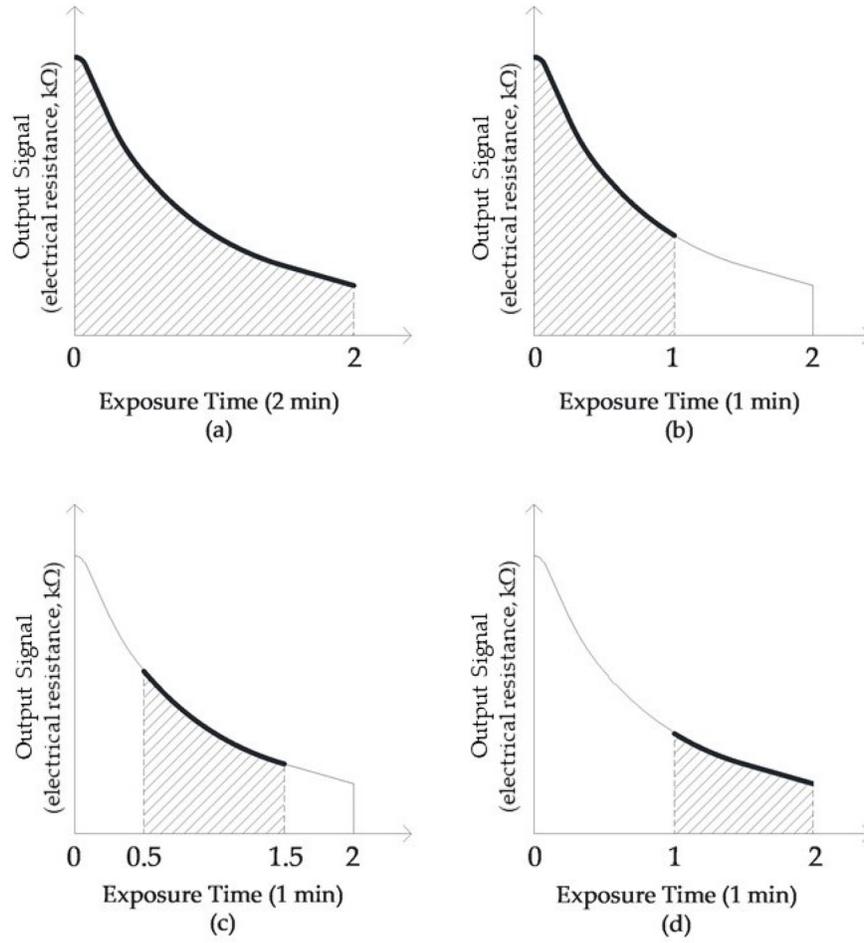


Figure 3: Studio della curva di risposta originale dei sensori ¹