**Recovering biological fluids signature from near-infrared hyperspectral images**

Mohamad Ahmad1,2, Raffaele Vitale2, Carolina S. Silva3,
Cyril Ruckebusch2, Marina Cocchi1\*

1*Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche,
Università di Modena e Reggio Emilia, Via Campi 103, 41125 Modena, Italia*

*2Université de Lille, CNRS, UMR 8516 - LASIR -
Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman, F-59000 Lille, France*

3*Department of Chemical Engineering,
Federal University of Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitaria, Recife, Brazil*\*Corresponding author

A newly developed methodology [M. Ahmad et al 2020] based on wavelet transform, grey-level co-occurrence matrices and principal component analysis (PCA) is described for the analysis of near-infrared hyperspectral images (NIR HSI) of semen droplets on various fabrics [C. S. Silva et al 2017]. Biological fluids, such as semen, are systems that have complex compositions which are not always retrieved or detectable. In different forensic scenarios, the biological fluids can be found on a variety of surfaces, considerably increasing the effort necessary to detect and analyze them in a nondestructive manner. NIR imaging provides a solution. However, as fabrics have quite rough surfaces, the semen spectral signature is hampered by strong light scattering and high absorbance of thick and colored fabrics. An additional issue is the lack of spatial selectivity, i.e., there is no region where only semen is present. This is also the case for the spectral mode, meaning that the spectral signature of semen overlaps with that of fabric. To cope with these issues, the presented methodology applies wavelet transform to analyze the different spatial frequency contributions present in the images, in this way different spatial features can be enhanced and captured. Descriptors derived by co-occurrence matrices are then used to summarize these local spatial features per spectral wavelength. Afterwards PCA is utilized to highlight the main sources of spatial variability across the spectral dimension. The methodology allows for the isolation of some of the spatially and spectrally distinct components in the hyperspectral image, highlighting their mutual link.

**Keywords:** near-infrared hyperspectral images; spatial features; wavelet transform; grey-level co-occurrence matrix; multivariate image analysis

REFERENCES

M. Ahmad, R. Vitale, C. Silva, C. Ruckebusch, M. Cocchi, 2020. Exploring local spatial features in Hyperspectral images, Journal of Chemometrics 34:10. https://doi.org/10.1002/cem.3295

C. S. Silva, M.F. Pimentel, J.M. Amigo, R.S. Honorato, C. Pasquini, 2017. Detecting semen stains on fabrics using near infrared hyperspectral images and multivariate models, Trends in Analytical Chemistry 95 p:23-35. https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.07.026

**Recupero della firma dei fluidi biologici dall'iperspettrale nel vicino infrarosso immagini**

Mohamad Ahmad1,2, Raffaele Vitale2, Carolina S. Silva3,
Cyril Ruckebusch2, Marina Cocchi1\*

1*Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche,
Università di Modena e Reggio Emilia, Via Campi 103, 41125 Modena, Italia*

*2Université de Lille, CNRS, UMR 8516 - LASIR -
Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman, F-59000 Lille, France*

3*Department of Chemical Engineering,
Federal University of Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitaria, Recife, Brazil*\*Autore corrispondente

Una metodologia di recente sviluppo [M. Ahmad et al 2020] per l’analisi delle immagini iperspettrali nel vicino infrarosso (NIR HSI) basata sull’uso combinato della trasformata wavelet (WT), matrici di co-occorrenza in scala di grigi e analisi delle componenti principali (PCA) è stata applicata a dati NIR HSI di gocce di sperma deposte su diversi tessuti [C. S. Silva et al 2017]. I fluidi biologici, come lo sperma, sono sistemi che hanno composizioni complesse che rendono difficile, a seconda del contesto, rilevarli con metodi standard di analisi. Ad esempio, in ambito forense, i fluidi biologici si possono trovare depositati sui tessuti, dove è necessario uno sforzo notevole per rilevarli. Infatti, i tessuti possono avere superfici piuttosto ruvide che comportano maggiori difficoltà da affrontare in HSI, quali la variabilità legata alla dispersione della luce su superfici ruvide e l'elevata assorbanza di tessuti particolarmente spessi che può inficiare l'analisi di riconoscimento dello sperma. Un ulteriore ostacolo è l’assenza di una regione della superficie in cui sia presente solo sperma abbinata anche alla mancanza di selettività negli spettri, dove la firma spettrale dello sperma si sovrappone a quella del tessuto. La metodologia proposta applica WT per analizzare i diversi contributi in frequenza presenti nelle immagini, in modo da evidenziare e catturare le diverse caratteristiche spaziali presenti nelle distinte sub-immagini. I descrittori derivati dalla matrice di co-occorrenza sono utili per riassumere queste caratteristiche spaziali locali a ciascuna lunghezza d'onda spettrale. Successivamente viene utilizzata l'analisi delle componenti principali per evidenziare le principali fonti di variabilità spaziale (codificate nei descrittori ricavati dalle matrici di co-occorrenza) in funzione della dimensione spettrale. La metodologia permette quindi di isolare spazialmente e spettralmente le diverse componenti presenti nell'immagine iperspettrale, ed associarle ai canali spettrali che sono i più distintivi per questi contributi.

**Parole chiave:** near-infrared hyperspectral images; spatial features; wavelet transform; grey-level co-occurrence matrix; multivariate image analysis

RIFERIMENTI

M. Ahmad, R. Vitale, C. Silva, C. Ruckebusch, M. Cocchi, 2020. Exploring local spatial features in Hyperspectral images, Journal of Chemometrics 34:10. https://doi.org/10.1002/cem.3295

C. S. Silva, M.F. Pimentel, J.M. Amigo, R.S. Honorato, C. Pasquini, 2017. Detecting semen stains on fabrics using near infrared hyperspectral images and multivariate models, Trends in Analytical Chemistry 95 p:23-35. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.07.026>