

# Identificazione di Elementi Notevoli della Frutta Mediante Reti Neurali

Federico Baire, Nicola Fioraio, Marco Vecchi

Unitec, Unisorting, Unitec

Federico.Baire@unitec-group.com, N.Fioraio@unisorting.com, Marco.Vecchi@unitec-group.com

## Abstract

Unitec S.p.A., forte della sua lunga storia industriale e con uno sguardo sempre volto al futuro, segue con attenzione tutte le potenzialità legate ai recenti traguardi dell'intelligenza artificiale, cercando di coglierne le possibili applicazioni nel campo della selezione e classificazione di frutta e verdura. In questo documento sono raccolti i principali risultati ottenuti e i progetti in corso tesi a rendere fruibili anche in campo industriale gli strumenti sviluppati in ambito accademico. In particolare, mostreremo l'applicazione delle reti neurali per la classificazione di immagini, la localizzazione di difetti e la classificazione di descrittori.

## 1 Introduzione

Unitec S.p.A. è un gruppo internazionale specializzato nella progettazione e realizzazione di innovative tecnologie per la lavorazione, calibratura, selezione della qualità e confezionamento di oltre 35 tipologie di frutta ed ortaggi freschi. A livello internazionale, Unitec ha realizzato una rete di sue filiali operative in oltre 60 paesi, tra cui Stati Uniti, Francia, Spagna, Cile, Argentina, Sudafrica e Turchia. La tecnologia innovativa Unitec garantisce, con oltre 20 sistemi di calibratura dedicati, la salvaguardia dell'integrità e delle caratteristiche di qualità del prodotto. Dalla prima calibratrice, prodotta nel 1924, ad oggi, abbiamo sempre avuto un unico obiettivo: aiutare i nostri clienti nell'espansione del loro business attraverso il miglioramento della qualità del loro lavoro.

Il processo di calibratura Unitec ha inizio con i sistemi di trasporto e singolarità dei frutti e prosegue con la calibratura, ovvero la selezione dei prodotti in base a parametri quali dimensioni (diametro, lunghezza, forma), qualità esterna (colore, difetti superficiali) e qualità interna (danni alla polpa, stato di maturazione, grado brix). L'analisi è condotta mediante una molteplicità di sistemi di acquisizione, tra cui camere e proiettori. Decine di scatti sono raccolti per ogni frutto in lavorazione, rendendone possibile l'ispezione da tutti i punti di vista tramite immagini a colori e a diverse altre lunghezze d'onda efficaci per lo specifico prodotto in esame. I dati raccolti sono quindi elaborati da un software proprietario che implementa algoritmi all'avanguardia sviluppati all'interno del reparto di visione. Tali algoritmi sono il frutto

di continua ricerca e innovazione, stimolata sia dalle sfide del mercato, sia dalle pubblicazioni scientifiche del settore.

All'interno di questo quadro, tra le molte tematiche di ricerca attualmente in studio un ruolo importante è occupato dall'intelligenza artificiale. In questo breve documento cercheremo quindi di presentare i principali lavori in questo ambito, le motivazioni alla base delle scelte implementative effettuate e alcuni dei nostri prossimi sviluppi. In particolare, nella prossima sezione mostreremo come una rete neurale è stata addestrata per l'identificazione della presenza di specifiche caratteristiche, mentre in Sez. 3 si descriverà il tentativo di localizzarle con precisione. In Sez. 4 sono raccolti due approcci per la classificazione di descrittori di forma e, infine, in Sez. 5 è ipotizzata una possibile applicazione dell'intelligenza artificiale nella valutazione del grado di maturazione.

## 2 Presenza/Assenza di caratteristiche locali

La ricerca di particolari regioni nelle immagini di frutti è stata inizialmente affrontata come un problema etichettatura, ovvero *caratteristica presente o caratteristica assente*. Tuttavia, questo semplice approccio si è mostrato insufficiente nel far fronte alle deformazioni prospettiche ed alle occlusioni dovute alla molteplicità di punti di vista utilizzati per la raccolta delle immagini. Pertanto, si è scelto di modificare l'elenco delle classi in *caratteristica totalmente visibile, caratteristica parzialmente visibile e caratteristica non presente*. Sono stati etichettati manualmente alcune migliaia di immagini indicando la presenza, totale o parziale, o l'assenza di *due* caratteristiche del frutto mai contemporaneamente presenti, per un totale di 5 classi: *A totalmente visibile, A parzialmente visibile, B totalmente visibile, B parzialmente visibile, Nessuna presente*. A tale dataset sono state poi aggiunte versioni trasformate delle immagini per aumentarne la rappresentatività. Quindi, parte delle immagini è stata usata per addestrare in cross-validation una versione modificata di AlexNet [Krizhevsky *et al.*, 2012], mentre la restante è stata utilizzata per verificarne i risultati. Dopo aver analizzato diverse configurazioni della rete è stato infine possibile ridurre la percentuale di immagini non correttamente classificate a solo lo 0.17%.

### 3 Localizzazione e segmentazione di difetti

La naturale prosecuzione della semplice etichettatura di immagini è certamente la localizzazione e segmentazione delle caratteristiche individuate. A questo scopo diverse sono le strade percorribili. Da un lato abbiamo i metodi a singolo passaggio, quali YOLO [Redmon *et al.*, 2016; Redmon e Farhadi, 2017] e SSD [Liu *et al.*, 2016], generalmente più performanti, dall'altro tecniche a più stadi, tra cui Fast R-CNN [Girshick, 2015] e Faster R-CNN [Ren *et al.*, 2015], apparentemente più affidabili. Lo sviluppo di una soluzione specifica per il nostro particolare caso applicativo è in corso.

### 4 Classificazione delle deformità

Sempre maggiore è da parte del mercato la richiesta di poter offrire ai clienti un prodotto non solo buono, ma anche esteticamente gradevole. Pur essendo tali canoni estetici essenzialmente soggettivi, è possibile riconoscere alcune costanti culturali che portano a preferire, per ogni tipologia di frutto, alcune caratteristiche sopra le altre, quali la simmetria, il bilanciamento, il colore omogeneo. Inoltre, accanto all'individuazione del prodotto *buono*, sono spesso da valutare il tipo e l'entità della deformità, così da permettere una più fine selezione della qualità. Limitatamente alla forma del frutto, abbiamo ottenuto interessanti risultati nella classificazione di descrittori di forma adeguatamente costruiti e ottimizzati a partire da approcci noti in letteratura [Hobson, 1931; Müller, 1966; Zhang *et al.*, 2001; Belongie *et al.*, 2001; Tombari *et al.*, 2010]. Due strade sono state intraprese per la classificazione: addestramento di una Support Vector Machine e addestramento di una Deep Neural Network. La prima soluzione è stata applicata ad un dataset di frutti suddivisi in 5 classi di deformità, a cui sono stati aggiunti nuovi esempi sintetici generati in ambiente simulato al fine di rendere significativo il contributo di ogni classe. Il modello SVM si è dimostrato efficace per selezionare correttamente la maggior parte dei campioni proposti, ottenendo, per alcuni tipi di deformità, una perfetta separazione del test set. Per cercare di superare i limiti riscontrati, stiamo ora procedendo col secondo approccio, basato su rete neurale, per verificarne il potere descrittivo.

### 5 Valutazione del grado di maturazione

Poter raggruppare la frutta in lavorazione in base al grado di maturazione mediante procedure automatiche, sempre affidabili e non distruttive è una sfida aperta e impegnativa. Infatti, diversi approcci sono rintracciabili in letteratura, ad esempio basati sull'immagine a colori [Dadwal e Banga, 2012; Choi *et al.*, 1995; Blasco *et al.*, 2003] o su analisi chimiche dedicate [Esser *et al.*, 2012]. Inoltre, l'esperienza sul campo indica anche l'efficacia di un'analisi multifrequenza unita a caratteristiche dimensionali specifiche del frutto in esame. È quindi naturale ragionare sulla possibilità di unire insieme informazioni provenienti da diversi canali lasciando ad una rete neurale il compito di coglierne il contenuto informativo e restituire una valutazione corretta del grado di maturazione. Il progetto è in corso.

### Riferimenti bibliografici

- [Belongie *et al.*, 2001] Serge Belongie, Jitendra Malik, e Jan Puzicha. Shape context: A new descriptor for shape matching and object recognition. In *Advances in neural information processing systems*, pages 831–837, 2001.
- [Blasco *et al.*, 2003] J Blasco, N Aleixos, e E Moltó. Machine vision system for automatic quality grading of fruit. *Biosystems engineering*, 85(4):415–423, 2003.
- [Choi *et al.*, 1995] K Choi, G Lee, Y J. Han, e J M. Bunn. Tomato maturity evaluation using color image analysis. *ASAE*, 38:171–176, 01 1995.
- [Dadwal e Banga, 2012] Meenu Dadwal e VK Banga. Color image segmentation for fruit ripeness detection: a review. In *2nd International Conference on Electrical Electronics and Civil Engineering*, pages 190–3, 2012.
- [Esser *et al.*, 2012] Birgit Esser, Jan M Schnorr, e Timothy M Swager. Selective detection of ethylene gas using carbon nanotube-based devices: utility in determination of fruit ripeness. *Angewandte Chemie International Edition*, 51(23):5752–5756, 2012.
- [Girshick, 2015] Ross Girshick. Fast r-cnn. In *ICCV*, pages 1440–1448, 2015.
- [Hobson, 1931] Ernest W Hobson. *The theory of spherical and ellipsoidal harmonics*. CUP Archive, 1931.
- [Krizhevsky *et al.*, 2012] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, e Geoffrey E Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems*, pages 1097–1105, 2012.
- [Liu *et al.*, 2016] Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, e Alexander C Berg. SSD: Single shot multibox detector. In *ECCV*, pages 21–37. Springer, 2016.
- [Müller, 1966] Claus Müller. *Spherical Harmonics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1966.
- [Redmon *et al.*, 2016] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, e Ali Farhadi. You only look once: Unified, real-time object detection. In *CVPR*, pages 779–788, 2016.
- [Redmon e Farhadi, 2017] Joseph Redmon e Ali Farhadi. Yolo9000: better, faster, stronger. In *CVPR*, 2017.
- [Ren *et al.*, 2015] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, e Jian Sun. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. In *Advances in neural information processing systems*, pages 91–99, 2015.
- [Tombari *et al.*, 2010] Federico Tombari, Samuele Salti, e Luigi Di Stefano. Unique shape context for 3d data description. In *Proceedings of the ACM workshop on 3D object retrieval*, pages 57–62. ACM, 2010.
- [Zhang *et al.*, 2001] Dengsheng Zhang, Guojun Lu, et al. A comparative study on shape retrieval using fourier descriptors with different shape signatures. In *ICIMADE*, pages 1–9, 2001.