

## Stima di mappe di LAI su are risicole lombarde utilizzando immagini ad alta risoluzione e tecnologie *smart*

Francesco Nutini (\*), Mirco Boschetti (\*), Luigi Ranghetti (\*), Lorenzo Busetto (\*),  
Riccardo Braggio (\*\*), Carlo Franchino (\*\*\*), Pietro Alessandro Brivio (\*)

(\*) CNR-IREA, Via Bassini 15, 20133 Milano, tel 02-23699459, nutini.f@irea.cnr.it

(\*\*) Azienda Riccardo Braggio, Zeme (PV), braggio.brd@tiscali.it

(\*\*\*) Azienda Carlo Franchino, Rosasco (PV), franchino.cl@gmail.com

### Riassunto

Nello studio di agro-ecosistemi la stima dell'indice di area fogliare (LAI) è fondamentale per ottenerne informazioni sulla variabilità spazio-temporale delle colture. Nel presente lavoro sono state ottenute mappe tematiche di LAI con un modello regressivo, in cui i dati in situ sono stati raccolti con l'applicazione per *smartphone* PocketLAI. Le mappe prodotte, validate con dati di LAI raccolti con metodi tradizionali (RMSE = 0.91;  $r^2 = 0.56$ ), hanno mostrato la possibilità di essere utilizzate come fonte informativa per la gestione delle pratiche agronomiche in risaia.

### Abstract

In the study of agro-ecosystems the estimation of leaf area index (LAI) it is critical to obtain information on the spatial and temporal variability of crops. In this paper we obtained thematic maps of LAI with a regression model, where field data were collected with a smartphone application. The maps produced, validated with LAI data collected with traditional methods (RMSE = 0.91;  $r^2 = 0.56$ ), could be a feasible source of information for the management of agricultural practices in paddy rice.

### Introduzione e scopi

L'indice di area fogliare (LAI), definito come l'area totale di una faccia del tessuto fotosintetizzante per unità di superficie di terreno (Watson, 1947), è una variabile chiave nello studio dei sistemi vegetali. Questa infatti caratterizza la superficie di scambio atmosfera-pianta (Bréda, 2003), ed è stata utilizzata in numerosi studi eco-climatologici (Running and Coughlan, 1988) ed agronomici (Confalonieri and Bocchi, 2005). Particolare contributo dei lavori con dati remoti è la possibilità di studiare la variabilità spaziale del LAI, con lo scopo di comprendere meglio la variabilità del sistema oggetto di studio sia esso sia agricolo (Colombo et al., 2003) o naturale (Chen et al., 2002). Due sono le strade possibili per ottenere informazioni spazializzate di LAI da remoto: tecniche di inversione di modelli di trasferimento radiativo e regressioni empiriche tra dati di campo ed indici vegetazionali (VI). Il primo, seppur applicato con successo ad immagini alta risoluzione (Meroni et al., 2004), richiede numerosi parametri ed accurate calibrazioni rendendo il secondo approccio più attuabile per ottenere dati spazializzati di LAI per applicazioni locali (Stroppiana et al., 2012). I dati *in situ* per i modelli regressivi possono essere ottenuti tramite misure dirette o indirette. Le misure dirette consistono in campionamento distruttivi, molto onerosi da effettuare nonostante rappresentino il solo modo per misurare effettivamente il LAI (Stroppiana et al., 2006). Più comunemente si sfruttano strumentazioni ottiche che si basano sulla legge di Lambert-Beer e risultano in strumentazioni come LAI-2000 e Accu-Par ed applicazioni meno specifiche come il processamento di fotografie emisferiche con appositi software. Quest'ultimo approccio fornisce dati di riferimento accurati (Jonckheere et al., 2004) specialmente studiando agroecosistemi risicoli

(Fang et al., 2014). Nonostante ciò, il processamento delle fotografie richiede utenti esperti e tempi lunghi (Confalonieri et al., 2013).

I recenti avanzamenti nel campo delle tecnologie mobili hanno dato impulso all'implementazioni di applicazioni per smartphone impiegabili nel campo dello studio dei sistemi naturali. Fra queste vi è PocketLAI, sviluppata da Confalonieri et al. (2013) in grado di stimare il LAI da fotografie acquisite a 57° sotto la copertura vegetazionale. L'utilizzo di questo applicativo appare promettente in quanto fornisce dati di LAI georiferiti, senza necessità di onerosi post-processamenti e con una apprezzabile accuratezza (Francone et al., 2014). Inoltre l'economicità della strumentazione necessaria e la possibilità che sia utilizzata da utenti non specializzati rende PocketLAI interessante come fonte di dati da *volunteered geographic information* (Heipke, 2010).

Gli scopi del lavoro sono stati quindi di i) ottenere mappe di LAI con metodo empirico dove i dati *in situ* siano ottenuti da applicazione *smart* e ii) verificare che tali mappe possano essere utilizzate come fonte informativa tematica nella gestione delle risaie.

**Area di studio, materiali e metodologia**

L'area oggetto di studio copre 8\*15 km nella provincia di Pavia, nel centro del maggiore distretto risicolo europeo. Su questa sono state acquisite due immagini WorldView-2 in corrispondenza di due fasi topiche dello sviluppo risicolo: 16 luglio quando la gran parte dei campi era nella fase dell'accestimento (BBCH 21) e 17 agosto alla fioritura (BBCH 61). Nei medesimi periodi sono state acquisite fotografie con camera emisferica con lo scopo di ottenerne dati di LAI di riferimento per il processo di validazione e LAI da applicazione PocketLAI per la definizione del modello regressivo con indici spettrali. Quest'ultimi sono stati acquisiti sia da personale CNR che da anche da risicoltori con cui è avviata una collaborazione nell'ambito del progetto FP7 ERMES (*an Earth obseRvation Model based ricE information Service*, <http://www.ermes-fp7space.eu>).

I dati da PocketLAI sono stati utilizzati per definire un modello regressivo con indici spettrali vegetazionali ottenuti dalle due immagini WorldView-2 corrette atmosfericamente. Il modello regressivo individuato è stato applicato alle mappe dell'indice vegetazionale selezionato ottenendo due mappe tematiche di LAI, le quali sono state validate tramite confronto con dati di LAI ottenuti dal processamento di fotografie emisferiche (LAI DHP) con il software CAN EYE ([www6.paca.inra.fr](http://www6.paca.inra.fr)). Infine la variabilità spaziale delle mappe è stata studiata con l'aiuto dei risicoltori, in modo da evidenziare il contenuto tematico delle mappe stesse.

**Risultati e conclusioni**

Complessivamente i 36 dati di PocketLAI utilizzati (LAIapp), hanno mostrato maggiore correlazione ( $r^2 = 0.8$ ) con l'indice SAVI (*Soil-adjusted Vegetation Index*) tra i 17 indici testati (Figura 1a). Il modello regressivo indicato in Figura 1a, applicato alle mappe di SAVI, ha permesso di ottenere mappe di LAI ad alta risoluzione sulle risaie incluse nell'area di studio.

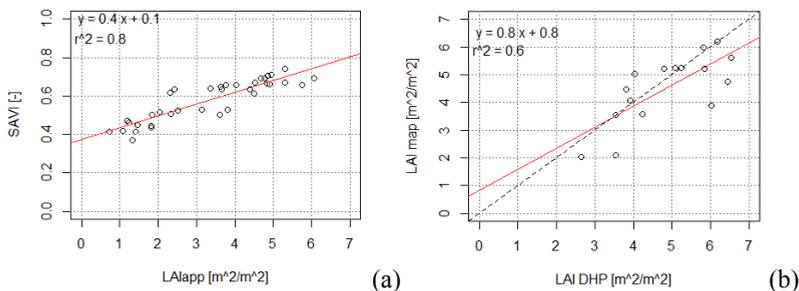


Figura 1 - Regressione lineare tra LAI da applicazione smart (LAIapp) e SAVI (a) e validazione tra LAI stimato (LAI map) e dati di riferimento (LAI DHP) (b).

Le due mappe di LAI sono state validate ( $RMSE = 0.91$ ;  $r^2 = 0.56$ ) con sedici dati di LAI di riferimento (LAI DHP, Figura 1b) acquisite nell'intorno dei passaggi satellitari (11-21 Luglio per la prima acquisizione e 15 Agosto per la seconda). Le mappe così ottenute sono state valutate qualitativamente con i risicoltori, in modo da analizzarne ed evidenziarne il contenuto informativo. In Figura 2 è riportata la mappa di LAI al 17 Agosto sui campi del risicoltore Riccardo Braggio, unitamente a commenti ed interpretazioni dei pattern intracampo di LAI.



Figura 2 – Mappa di LAI al 17 Agosto su risaia con interpretazione delle variabilità intracampo. In grigio campi non coltivati a riso. Layer Bing ad alta risoluzione sullo sfondo.

Le evidenti differenze di LAI medio tra i diversi campi sono dovute a varietà con diverso vigore vegetativo ed alla presenza di differenti stadi fenologici. Campi oltre la fioritura ( $BBCH > 71$ ) mostrano LAI inferiori a 4 (colorazione giallo arancio in Figura 2) in quanto stanno iniziando il processo di maturazione, mentre campi seminati tardivamente (dalla seconda metà di Maggio) mostrano LAI superiori a 6 (colorazione verde in Figura 2) e vicini al loro massimo stagionale. Le differenze intracampo invece, evidenziate dai commenti in Figura 2, sono state interpretate in base a diverse gestioni, caratteristiche pedologiche e attacchi da parte di patogeni.

La metodologia esposta in questo lavoro ha mostrato un metodo alternativo per l'ottenimento di mappe tematiche di variabili biofisiche utilizzando un modelli regressivo, ove i dati di campo siano ottenuti da applicativi su cellulari i quali permettono una notevole riduzione dei costi di raccolta dati e dei tempi di processamento. Tali mappe permettono una visione sinottica all'agricoltore sull'andamento della stagione nei propri appezzamenti. Futuro sviluppo di questo lavoro sarà quello di rendere operativa l'intera catena di processamento, in modo da fornire tali mappe tematiche agli agricoltori nel corso della stagione, in corrispondenza dei periodi in cui vengono effettuati gli interventi in campo, come supporto alla gestione agronomica della risaia.

### Riferimenti bibliografici

- Bréda, N.J.J., (2003), "Ground-based measurements of leaf area index: A review of methods, instruments and current controversies". *J. Exp. Bot.*, 54, 2403–2417.
- Chen, J.M., Pavlic, G., Brown, L., Cihlar, J., Leblanc, S.G., White, H.P., Hall, R.J., Peddle, D.R., (2002), "Derivation and validation of Canada-wide coarse-resolution leaf area index maps using high-resolution satellite imagery and ground measurements". *Remote Sens. Environ.*, 80, 165–184.
- Colombo, R., Bellingeri, D., Fasolini, D., Marino, C.M., (2003), "Retrieval of leaf area index in different vegetation types using high resolution satellite data". *Remote Sens. Environ.*, 86, 120–131.

- Confalonieri, R., Bocchi, S., (2005), "Evaluation of CropSyst for simulating the yield of flooded rice in northern Italy". *Eur. J. Agron.* 23, 315–326.
- Confalonieri, R., Foi, M., Casa, R., Aquaro, S., Tona, E., Peterle, M., Boldini, a., De Carli, G., Ferrari, a., Finotto, G., Guarneri, T., Manzoni, V., Movedi, E., Nisoli, a., Paleari, L., Radici, I., Suardi, M., Veronesi, D., Bregaglio, S., Cappelli, G., Chiodini, M.E., Dominoni, P., Francone, C., Frasso, N., Stella, T., Acutis, M., (2013), "Development of an app for estimating leaf area index using a smartphone. Trueness and precision determination and comparison with other indirect methods", *Comput. Electron. Agric.*, 96, 67–74.
- Fang, H., Li, W., Wei, S., Jiang, C., (2014), "Seasonal variation of leaf area index (LAI) over paddy rice fields in NE China: Intercomparison of destructive sampling, LAI-2200, digital hemispherical photography (DHP), and AccuPAR methods", *Agric. For. Meteorol.*, 198-199, 126–141.
- Francone, C., Pagani, V., Foi, M., Cappelli, G., Confalonieri, R., (2014), "Comparison of leaf area index estimates by ceptometer and PocketLAI smart app in canopies with different structures", *F. Crop. Res.*, 155, 38–41.
- Heipke, C., (2010), "Crowdsourcing geospatial data", *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 65, 550–557.
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., Baret, F., (2004), "Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography", *Agric. For. Meteorol.*, 121, 19–35.
- Meroni, M., Colombo, R., Panigada, C., (2004), "Inversion of a radiative transfer model with hyperspectral observations for LAI mapping in poplar plantations", *Remote Sens. Environ.*, 92, 195–206.
- Running, S., Coughlan, J.C., (1988), "A general model of forest ecosystem processes for regional applications I. Hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes", *Ecol. Modell.*, 42, 125–154.
- Stroppiana, D., Boschetti, M., Brivio, P.A., Nizzetto, L., Di Guardo, A., (2012), "Forest leaf area index in an Alpine valley from medium resolution satellite imagery and in situ data", *J. Appl. Remote Sens.*, 6, 063528.
- Stroppiana, D., Boschetti, M., Confalonieri, R., Bocchi, S., Brivio, P.A., (2006), "Evaluation of LAI-2000 for leaf area index monitoring in paddy rice", *F. Crop. Res.*, 99, 167–170.
- Watson, D.J., (1947), "Comparative physiological studies in the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years", *Ann. Bot.*, 11, 41–76.