

CLASSIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE PRINCIPALI COLTURE IRRIGUE DELL'ALTA PIANURA VENETO-FRIULANA UTILIZZANDO DATI DA SATELLITE (PROGETTO EUROPEO LIFE+ TRUST)

Francesco Baruffi (*), Massimo Cappelletto (*), Sara Pasini (*) e Angelo Zandonella (**)

(*) Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico – Dorsoduro 3593, 30123 VENEZIA,
tel. 041-714444-714343, fax 041-714313, e-mail: sistema.informativo@adbve.it

(**) Consulente Tecnico-Scientifico

Riassunto

Il principale obiettivo del progetto europeo LIFE+ TRUST (*Tool for Regional-scale assessment of groundwater STORAGE improvement in adaption to climate change*) consiste nel predisporre di strumenti di identificazione di misure di adattamento delle acque sotterranee dell'alta pianura Veneto-Friulana in relazione ai cambiamenti climatici.

Uno degli obiettivi specifici del progetto consiste nella classificazione e quantificazione delle superfici delle principali colture agricole irrigue situate nell'area descritta, per la creazione di mappe tematiche e di un database.

La metodologia usata per il riconoscimento, mappatura e quantificazione delle principali colture irrigue dell'alta pianura Veneto-Friulana è riportata nel lavoro.

Per il riconoscimento delle colture è stato usato un sistema di classificazione basato sul metodo SVM (*Support Vector Machine*), applicato secondo regole di "sistemi base di conoscenza".

Per la quantificazione della superficie coltivata è stato utilizzato un modulo software implementato in ambiente GIS.

Abstract

The main objective of european project LIFE+ TRUST (Tool for Regional-scale assessment of groundwater STORAGE improvement in adaption to climate change) consists in identification of adaptation measures, for Veneto and Friuli upper plain groundwater, to mitigate the impacts of drought and water scarcity to the adverse impacts of climate change.

One of the specific project objective consists in classification and aerial quantification of the main irrigated crops located in the described area, for thematic map production and a data base creation. The methodology used for recognition, mapping and quantification of the main irrigated crops of the Veneto and Friuli plain is presented.

For irrigated crops recognition a classification system, based on the SVM (Support Vector Machine) method applied according to a "knowledge-based systems", has been designed.

To quantified the areal extent for each crop species a software module, implemented in GIS environment, has been used.

Introduzione

Il progetto europeo LIFE+ TRUST ha come obiettivo la predisposizione di strumenti per la valutazione e valorizzazione, a scala regionale, delle acque sotterranee dell'alta pianura Veneto-Friulana in adattamento ai cambiamenti climatici. Per accrescere la conoscenza di base dei processi quantitativi delle acque sotterranee nell'area citata è prevista la classificazione e quantificazione

delle superfici delle principali colture agricole irrigue, rilevabili a scala 1:50.000, (mais, soia, barbabietole, tabacco, girasole) e la creazione di mappe tematiche e di un database.

Come è noto, la risposta spettrale di una stessa coltura, relativa alla stessa immagine, può variare sul territorio con l'elevazione, l'esposizione, la diversa densità delle piante, il diverso colore e umidità dei suoli, la fase di sviluppo, le condizioni di illuminazione, ecc. Date le dimensioni dell'area di studio (Figura 1), nella procedura di riconoscimento sono state utilizzate tecniche di analisi che tengono conto di tali variazioni sul territorio. Queste tecniche si basano sulla ripartizione dell'immagine in aree omogenee (stratificazione) entro cui effettuare i campionamenti dei rilievi al suolo ed applicare procedure di classificazione. Le prime proposte sull'uso di queste tecniche risalgono a Rohde, 1978. Una descrizione sul miglioramento dei risultati ottenibili nelle classificazioni usando tali tecniche si può trovare in Gorte e Stein, 1998.

Il sistema di classificazione utilizzato si basa sull'uso del metodo SVM, applicato secondo regole di "sistemi base di conoscenza". Questo tipo di approccio è già stato usato su un'area di test all'interno del bacino del fiume Piave, ottenendo un aumento nell'accuratezza nel riconoscimento delle colture (Baruffi et al., 2005).

La quantificazione della superficie delle colture è ottenuta utilizzando come input le mappe georiferite della classificazione e di un opportuno modulo software sviluppato in ambiente GIS del sistema informativo dell'Autorità.

Area di studio ed immagini utilizzate

L'area di studio è di circa 3100 Km² ed è situata nella fascia delle risorgive della pianura Veneto-Friulana, all'interno dei bacini idrografici nazionali del nord-est, cioè quelli dei fiumi Brenta-Bacchiglione, Piave, Livenza, Tagliamento e Isonzo (Figura 1).

Le immagini, selezionate sulla base del calendario delle colture e della copertura nuvolosa, sono state acquisite fra fine luglio ed agosto per gli anni 2003, 2006 con il Landsat/TM e 2007, 2009 con lo SPOT/4-5.

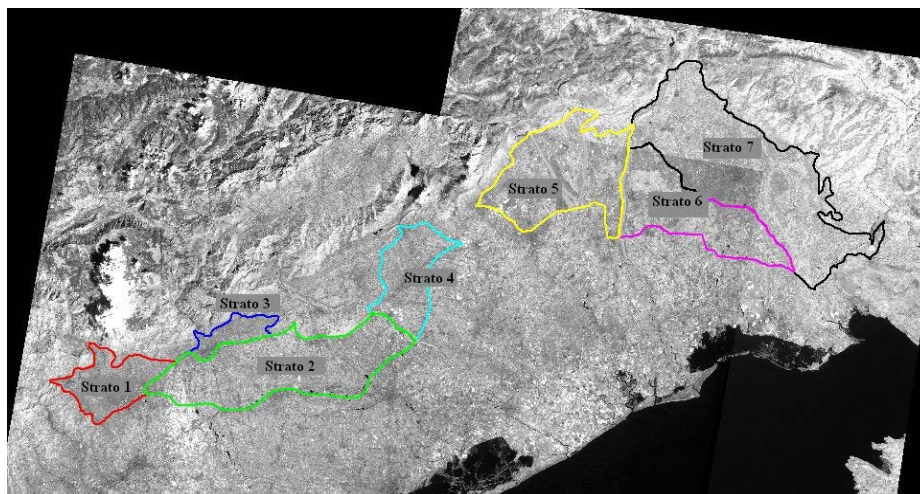


Figura 1 – Area di studio e Mappa degli strati.

Stratificazione

La stratificazione consiste nella suddivisione dell'area di studio in zone (o strati) entro cui la varianza delle firme spettrali degli oggetti al suolo è inferiore a quella degli stessi oggetti al suolo dell'intera area. La caratterizzazione di tali oggetti, nell'ambito dello strato, è quindi molto più precisa che per l'intera area.

Procedura di stratificazione

E' di tipo semi-automatico. Consiste nella identificazione dei fattori di stratificazione (fattori che influiscono sulla varianza delle firme degli oggetti al suolo per l'area in esame), produzione delle relative mappe di lavoro, definizione degli strati, valutazione della omogeneità interna e differenza fra strati.

I "fattori di stratificazione" sono identificati mediante interpretazione visiva di sintesi additive di bande TM e SPOT-4/5 prodotte sulla base delle proprietà di riflettanza delle foglie e dei suoli (cfr, ad esempio, Fitzgerald, 1972).

Il tipo di stratificazione è a due stadi. Nel primo stadio vengono identificati i fattori riguardanti la vegetazione ed il contenuto d'acqua della vegetazione, usando gli indicatori NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ed il rapporto o rapporto normalizzato IRV (Infrarosso Vicino) e IRMR (Infrarosso Medio Riflesso) (Pinder e McLeod, 1999, Verbesselt et al., 2006). Nel secondo stadio vengono identificati i fattori riguardanti le classi di vegetazione, dall'interpretazione visiva della sintesi additive delle bande: IRV, IRMR e Rosso, esposte con i filtri R,G,B.

Per ciascun fattore sono state prodotte delle mappe di lavoro e create delle maschere. Dalla loro intersezione sono stati identificati gli strati (Figura 1).

La valutazione quantitativa della omogeneità interna a ciascuno strato e di differenza fra strati è stata effettuata utilizzando il metodo riportato nell'ALLEGATO 1.

Aree di campionamento

Sono identificate, nell'ambito di ciascuno strato, dall'analisi visiva dell'immagine a falsi colori: IRV, IRMR e Rosso, esposte con i filtri R,G,B e dai rilievi al suolo. I risultati dei rilievi sono riportati su Google Maps. Un esempio di aree di campionamento, identificate nell'ambito dello strato n. 2, sono riportati nelle Figure 2 e 3.

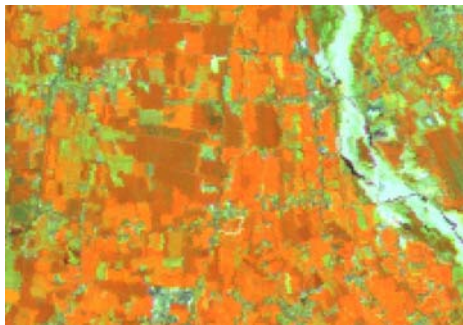


Figura 2 – Sintesi additiva delle bande IRV, IRMS, Rosso, esposte con i filtri R,G,B.



Figura 3 – Aree di campionamento riportate su Google Maps.

Classificazione delle colture

Metodi convenzionali di classificazione per punti

Sono stati inizialmente utilizzati i seguenti metodi di classificazione: ED (*Euclidean Distance*), MD (*Mahalanobis Distance*), SAM (*Spectral Angle Mapper*), ML (*Maximum Likelihood*) e SVM.

Sulla base di precedenti esperienze ed ai fini di accrescere l'accuratezza nei risultati della classificazione si è ritenuto opportuno usare un modello di classificazione disegnato per rimuovere inizialmente le zone non facenti parte dell'area di studio, quelle non agricole, quelle antropizzate, alvei dei fiumi privi di vegetazione, campi arati, ecc., ovvero tutte le zone non attinenti le colture irrigue estive (Baruffi et al., 2005). Il modello di classificazione: MBC (Modello Base di Conoscenza) è basato su regole di "sistemi base di conoscenza". Una valutazione dell'accuratezza totale dei vari classificatori per l'area di studio è riportata nella Tabella 1.

Classificatore	Accuratezza Totale in %	Coefficiente K di Cohen
ED	62,9	0,552
MD	72,3	0,669
SAM	77,5	0,694
ML	80,2	0,726
SVM	84,6	0,753
MBC	92,6	0,865

Tabella 1 – Accuratezza totale ottenuta con i diversi tipi di classificatori.

Approccio “base di conoscenza”

Tale approccio prevede che venga:

- considerato il dominio delle conoscenze di un esperto, ciò comprende anche procedure alternative, al fine di avere un insieme di procedure possibili;
- stabilito un criterio di controllo della conoscenza, per guidare l'utente alla ricerca della procedura più soddisfacente.

Questo tipo di approccio si distingue da quello “inferenziale” dei “sistemi esperti”, dove la procedura viene generata mediante un aggiornamento della conoscenza.

Da un punto di vista formale la “conoscenza dell'esperto” viene rappresentata mediante un insieme di regole. Una regola può essere una semplice struttura condizionale del tipo: IF ... THEN ... ELSE.

Ad esempio, per estrarre le informazioni sulla vegetazione verde, in una certa fase della procedura, la regola può essere:

IF si è verificata la **condizione** di attività fotosintetica della vegetazione

THEN l'**azione** è di usare nella procedura l'indice di vegetazione: “Rapporto Infrarosso/Rosso”.

Per lo stesso tema può essere generata una nuova regola utilizzante, nell'**azione**, le “Differenze Normalizzate fra Infrarosso e Rosso”, e così via per gli altri indici di vegetazione.

Il numero degli indici è legato al dominio delle conoscenze dell'esperto.

L'accuratezza nei risultati finali può essere diversa da procedura a procedura. Il controllo della conoscenza avviene mediante analisi della similitudine fra regole.

La similitudine viene valutata confrontando, in una certa fase della procedura, i risultati ottenuti con regole diverse, come nel caso riportato degli indici di vegetazione.

Modello MBC

Da un punto di vista operativo vengono generate una serie di immagini maschera, usando le equazioni riportate nell'ALLEGATO 2. Tali immagini identificano i pixel delle colture irrigue estive da classificare con il metodo SVM. Le rimanenti zone vengono classificate come “non classificato”. La procedura in pseudocodice è riportata nell'ALLEGATO 3.

Conclusioni

In questo lavoro il tema della classificazione delle colture di vaste aree del territorio viene affrontato con la stratificazione dell'immagine, entro cui effettuare i campionamenti dei rilievi al suolo ed applicare procedure di classificazione. Il metodo di classificazione usato è basato su regole di “sistemi base di conoscenza”: le zone non attinenti le colture irrigue estive e l'area di studio vengono rimosse, i pixel rimanenti vengono classificati con il metodo SVM. Anche sulla base di esperienze precedenti, questo tipo di approccio consente una maggior accuratezza nel riconoscimento delle colture.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto TRUST (Tool for Regional-scale assessment of groundwater Storage improvement in adaption to climate change) del programma ambientale

LIFE+ e finanziato in parte dalla Commissione delle Comunità Europee (contratto n. ENV-IT-000475 "TRUST").

Bibliografia

- Baruffi F., Cappelletto M., Bisaglia M., Zandonella A. (2005), "Crop classification and crop water need estimation of Piave river basin by using MIVIS, Landsat-TM/ETM+ and ground climatological data", *12th International Symposium on Remote Sensing, SPIE*, Bruges, Belgium.
- Cappelletto M. (2000), "Tecniche di elaborazione di dati multispettrali", *Tesi di laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni*, Università degli Studi di Padova, Padova.
- Fitzgerald E. (1972), "Multispectral scanning systems and their potential application to Earth resource surveys- Spectral prop. of materials", *ESRO-ESTEC Vol. 2, Contract N. 1673/72 EL*.
- Gorte B., Stein A. (1998), "Bayesian classification and class area estimation of satellite images using stratification", *IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 36, 3:803-812.
- Pagliari M., Zandonella A. (1982), "Una procedura per la segmentazione di immagini multispettrali", *Convegno AICOGRAPHICS '82*, Milano.
- Pinder J.E., McLeod K.W. (1999), "Indications of relative drought stress longleaf pine from Thematic Mapper data", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 65, 4:495-501.
- Rohde W. G. (1978), "Improving Landsat cover classification by image stratification of Landsat data", *12-th Int. Symp. On Remote Sensing of Environment*, Vol. 1, ERIM, Manila, Philippines.
- Verbesselt J., Jonsson P., Lhermitte S., van Aardt J., Coppin P. (2006), "Evaluating satellite an climate data-derived indices as fire risk indicators in savanna ecosystems", *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 44, 6:1622-1632.

ALLEGATO 1 -Descrizione formale del metodo di valutazione dell'omogeneità interna ad uno strato e di differenza fra strati (Pagliari e Zandonella, 1982).

Siano:

$x = [x]$: il generico pixel (vettore dei valori degli elementi di immagine) dello strato S_i .

$n(S_i)$: il numero di pixel appartenenti ad S_i .

S_i, S_{i+1} : due parti disgiunte, non vuote, dello strato S , tali che $S_i \cup S_{i+1} = S$.

g_i, g_{i+1} : i vettori dei centri di gravità di S_i e S_{i+1} .

$d^2(x, g_i)$: la distanza fra "x" e " g_i ", con W forma quadratica positiva, definita come:

$$d^2(x, g_i) = (x - g_i)^T W (x - g_i) \quad [1]$$

$d^2(g_i, g_{i+1})$: la distanza fra due centri di gravità definita come:

$$d^2(g_i, g_{i+1}) = (g_i - g_{i+1})^T W (g_i - g_{i+1}) \quad [2]$$

Allora:

- la **Distanza entro lo strato S_i** viene definita come l'inerzia degli elementi $x \in S_i$ rispetto a g_i :

$$D(S_i) = \frac{1}{n(S_i)} \sum_{x \in S_i} d^2(x, g_i) \quad [3]$$

- la **Distanza fra gli strati S_i e S_{i+1}** viene definita come l'inerzia di g_i e g_{i+1} con i pesi $P(S_i)$ e $P(S_{i+1})$ rispetto a "g", centro di gravità di $S_i \cup S_{i+1} = S$:

$$D(S_i, S_{i+1}) = \frac{P(S_i) \times P(S_{i+1})}{P(S_i) + P(S_{i+1})} d^2(g_i, g_{i+1}) \quad \text{dove: } P(S_i) = \frac{n(S_i)}{n(S)}, P(S_{i+1}) = \frac{n(S_{i+1})}{n(S)} \quad [4]$$

La relazione fra distanza "entro" e "fra" gli strati (teorema di Koëning-Huygens) è la seguente:

$$D(S) = P(S_i) D(S_i) + P(S_{i+1}) D(S_{i+1}) + D(S_i, S_{i+1}) \quad [5]$$

Massimizzare la "distanza fra gli strati" S_i e S_{i+1} significa minimizzare la media delle "distanze entro" gli strati.

ALLEGATO 2 – Modello MBC. Equazioni usate per generare le immagini maschera.

AS : Valori della maschera (immagine sintetica) dell'*area di studio*, per $AS = \{0,1\}$,
dove:
 $AS = 1$ area di lavoro selezionata
 $AS = 0$ altrimenti

ZV_NA : Valori della maschera delle *zone vegetate e non agricole*, ottenuta dalla
classificazione con il metodo SVM di una o più immagini TM o SPOT-4/5
acquisite in epoca primaverile o autunnale dopo i raccolti. $ZV_NA = \{0, 1\}$
dove:
 $ZV_NA = 0$ zone vegetate non agricole
 $ZV_NA = 1$ altrimenti

ZA_AF_CA_a : Valori delle maschere delle *zone antropizzate, degli alvei dei fiumi privi di*
ZA_AF_CA_b *vegetazione, dei campi arati*, determinati usando le seguenti relazioni, valide
per il periodo luglio – settembre:
 Banda IRMR > Banda Verde > Banda IRV $\rightarrow ZA_AF_CA_a = \{0, 1\}$
 Banda IRMR > Banda IRV > Banda Verde $\rightarrow ZA_AF_CA_b = \{0, 1\}$,
 dove:
 $ZA_AF_CA_a = 0$ zone antropizzate, alvei dei fiumi, campi arati
 $ZA_AF_CA_a = 1$ altrimenti
 $ZA_AF_CA_b = 0$ zone antropizzate, alvei dei fiumi, campi arati
 $ZA_AF_CA_b = 1$ altrimenti

ZCA : Valori della maschera delle *zone delle colture estive*, determinati usando la
relazione seguente, valida sempre nel periodo luglio – settembre:
 Banda IRV > Banda IRMR > Banda Verde $\rightarrow ZCA = \{0, 1\}$,
 dove:
 $ZCA = 1$ zone delle colture estive
 $ZCA = 0$ altrimenti

TH_{NDVI} : Livello di soglia dell'indice di vegetazione normalizzato (NDVI). Le *zone*
vegetate vengono definite mediante la relazione seguente:
 $NDVI \geq TH_{NDVI}$

ALLEGATO 3 – Modello MBC. Procedura in pseudocodice.

```

IF      ( AS      = 1      AND
           ZV_NA    = 1      AND
           ZA_AF_CA_a = 1      AND
           ZA_AF_CA_b = 1      AND
           ZCA       = 1      )
THEN
    IF      ( NDVI  $\geq$  THNDVI )
        THEN   classificazione delle colture estive con il metodo SVM
        ELSE   pixel non classificato
    ENDIF
ELSE
    pixel non classificato
ENDIF
    
```