

## Classificazione di centrali nucleari con Definien

L'analisi di immagini da satellite commerciali per la verifica degli impianti nucleari è stata proposta di recente dall'Agenzia Internazionale dell'Energia Atomica (IAEA). L'analisi object-oriented e knowledge-based può avere molte applicazioni diverse nell'ambito dei controlli nucleari. Nel presente lavoro si suggerisce la classificazione delle centrali nucleari tramite un modello semantico definito, usando il software Definien.

### Dati

Sono stati usate immagini LANDSAT TM5 di alcune centrali nucleari in Germania: : Brokdorf (Agosto 1984), Emsland/Lingen (Agosto 1997), Kalkar (Luglio 1985), Philippsburg (Luglio 1984), Wuergassen (Aprile 1984) and Muelheim-Kaerlich (Luglio 1984). Le immagini LANDSAT TM5 sono state coregistrate con immagini ad alta risoluzione KVR-1000; le date di acquisizione delle immagini KVR-1000 vanno dai primi anni 90 ad oggi. Le prime 5 immagini sono state usate per creare un modello semantico, con lo scopo di ottenere un set fisso di aree campione da usare nella classificazione; l'ultima immagine è della centrale di Muelheim-Kaerlich ed è stata scelta come rappresentativa delle immagini con oggetti non identificati, ed è stata quindi usata per la classificazione vera e propria.

Il reattore ad acqua pressurizzata di Muelheim-Kaerlich, ubicato vicino al Reno, a nord-ovest della città di Koblenz, è stato attivato nel 1987 e bloccato nel 1988. Attualmente il reattore è chiuso.

### Conoscenza a priori

Come primo passo si sono cercate delle caratteristiche peculiari delle centrali nucleari tedesche che potessero essere usate come conoscenza a priori nel modello semantico: le centrali hanno forme geometriche e sono spesso circondate da una recinzione. Normalmente includono almeno una torre di raffreddamento circolare, che genera delle ombre, a seconda dell'angolo e dell'elevazione del sole. Le emissioni termiche possono essere osservate, e dipendono dallo stato operativo della centrale. A causa del circuito di raffreddamento ad acqua, gli impianti sono spesso localizzati vicino a corpi idrici. Mostrano una connessione ad una strada e/o una ferrovia e si trovano fuori dei centri abitati.

Le 5 immagini da usare come training set sono state segmentate a due diverse scale, cosicché i singoli oggetti che formano le centrali sono estratti in un livello più fine (livello 1), mentre il livello superiore (livello 2) contiene oggetti più grandi e di conseguenza gli impianti sono costituiti da un unico oggetto. Come input sono stati usati inizialmente dei canali artificiali risultanti da trasformazioni applicate all'immagine, per ottenere specifiche informazioni dai dati multispettrali: i primi tre componenti principali, i primi tre componenti della massima autocorrelazione, i coefficienti del *tasseled cap*, l'indice di vegetazione NDVI e un indice per il riconoscimento di superfici artificiali, il NDASI. A questi canali è stato dato un peso pari a 1 nello step di segmentazione. Per estrarre oggetti a un maggior livello di dettaglio, i dati LANDSAT, sono stati usati insieme a dati KVR-100; a questi ultimi è stato assegnato un peso pari a 50 nella segmentazione.

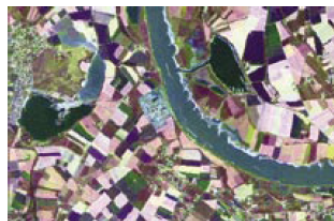
Training Data: LANDSAT TM5 & KVR-1000



Brokdorf



Lingen/Emsland



Kalkar



Philippsburg



Wuergassen

Sulla base dei due livelli di segmentazione sono state definite le classi di oggetti **Impianti1** e **Impianti2** (livello 1 e livello 2), **torri di raffreddamento** e le **ombre delle torri** (entrambi nel livello 1), **acqua1** e **acqua2** (livelli 1 e 2) utilizzando i valori di *membership* di diverse features: valori di layer, forma, gerarchia. Oltre ai canali menzionati prima, per la descrizione degli oggetti sono stati usati i canali dall'1 al 7 del LANDSAT TM5 e i rapporti dei canali 2/3, 2/4, 2/5, 2/7 e 5/7

Come *class-related features* si sono generate relazioni con oggetti vicini, con sub-oggetti e super-oggetti, sempre usando le *membership functions*: per essere classificati come **Impianti2** a livello superiore un oggetto deve includere sub-oggetti delle classi **torri di raffreddamento** e **ombre** e deve trovarsi vicino all'acqua. La classificazione delle torri di raffreddamento e delle ombre richiede che gli oggetti esistano all'interno della classe Impianti1 e che rispondano a certe caratteristiche di forma e risposta spettrale.

La classificazione semantica dei dati training mostra risultati soddisfacenti: le zone di acqua non sono state classificate completamente ma in maniera sufficiente a identificare gli impianti vicino all'acqua. Almeno una delle torri di raffreddamento esistenti e una parte della sua ombra sono state identificate. In tutti e 5 i casi gli impianti sono stati riconosciuti correttamente. I risultati dello studio di training sono stati applicati alla segmentazione e alla classificazione dell'immagine di Muelheim-Kaerlich. Come in precedenza, i canali sintetici sono stati usati per la segmentazione su due livelli.

## Risultati della classificazione

La figura 1 mostra la classificazione al livello superiore senza class-related features: a parte l'area dell'impianto di Muelheim-Kaerlich classificata correttamente, alcuni altri oggetti sono stati erroneamente classificati come centrali. L'applicazione delle class-related features ha migliorato la classificazione (figura 2): in questo modo la centrale nucleare è stata ben identificata anche nel livello 2, ponendo come condizione l'esistenza nel livello inferiore di oggetti classificati come torri di raffreddamento e ombre.

Il riconoscimento di oggetti con immagini a media risoluzione è ovviamente limitato dalla risoluzione stessa. Aggiungendo al dataset immagini ad alta risoluzione, anche oggetti più piccoli possono essere estratti nella segmentazione. Questi oggetti possono poi essere descritti tramite le informazioni delle immagini a media risoluzione. Se gli oggetti immagine come le centrali nucleari mostrano specifiche caratteristiche, l'uso di queste features migliorerà ovviamente la classificazione. In particolare le class-related feature permettono la classificazione di specifici oggetti. In base ai risultati ottenuti nel lavoro una procedura object-oriented e knowledge-based può essere usata per il riconoscimento di attività nucleari non dichiarate. La tecnologia Definiens risponde alle esigenze di un'analisi di questo tipo poichè permette di utilizzare più sensori con la possibilità di dare pesi diversi ai vari canali, permette di sfruttare sia le caratteristiche proprie degli oggetti (object features) sia di applicare la propria conoscenza sulle centrali nucleari, tramite la definizione di relazioni class-related.

## Irmgard Niemeyer

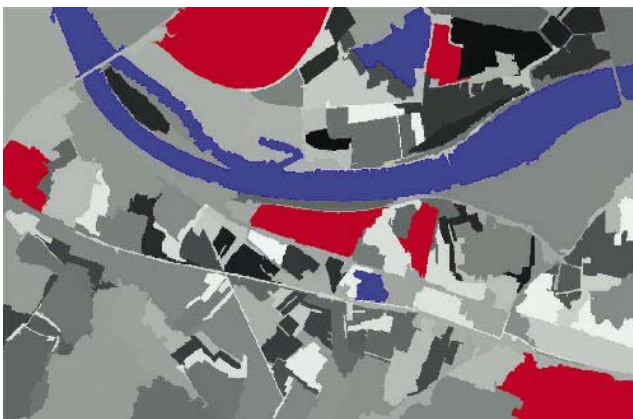


Fig.1 Classificazione del livello 2 senza class-related features: impianti2 (rosso), acqua2 (blu)

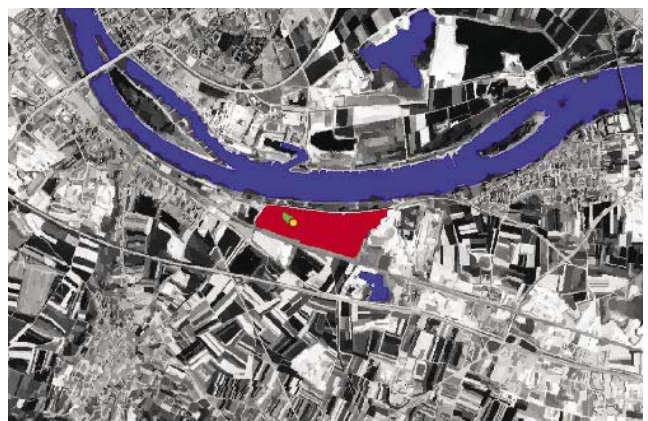


Fig.2 Classificazione del livello 1 con class-related features: impianti1 (rosso), torri (giallo), ombra delle torri (verde) e