

Studio multitemporale di uso e copertura del suolo della laguna di Tam Giang - Cau Hai (Vietnam centrale) attraverso immagini multispettrali SPOT 5, Aster e Landsat ETM+

Leonardo DISPERATI (*), Salvatore VIRDIS (*), Luca BERLINGOZZI (*), Massimo SARTI (**)

(*)Università di Siena, Centro di GeoTecnologie e Dipartimento di Scienze della Terra, via Vetri Vecchi 34, 52027, San Giovanni Valdarno (AR), tel. 055 9119442, fax 0559119439, e-mail virdis@unisi.it

(**) FAO IMOLA Project GCP/VIE/029/ITA *Chief Technical Adviser* (CTA) e Dipartimento di Scienze del Mare, Università Politecnica delle Marche, via Brecce Bianche, 60131 Ancona, sarti.massimo@gmail.com

Riassunto

In questo lavoro saranno esposti i risultati dell'analisi dei cambiamenti di uso e copertura del suolo avvenuti tra il 1989 ed il 2006 in un'area intorno la laguna di Tam Giang-Cau Hai, nella provincia di Thua Thien Huè, Vietnam. Per la realizzazione della banca dati geografica multitemporale sono state utilizzate immagini multispettrali Landsat TM, ETM+, Aster e SPOT5 acquisite tra 1989 e il 2006, che sono state corrette radiometricamente e geometricamente attraverso l'utilizzo di un modello digitale del terreno e misure GPS. Per l'interpretazione delle immagini è stato adottato un sistema di nomenclatura creato ad hoc per la zona oggetto dello studio, a priori e gerarchico. La sua validazione è stata eseguita mediante l'utilizzo di oltre 70 stazioni di controllo a terra. Dalle analisi statistiche effettuate è stato evidenziato sia un fenomeno di contrazione e trasformazione delle aree a riso e lagunari, con sviluppo delle aree dedicate all'attività di acquacoltura, sia un aumento del fenomeno della deforestazione, in particolar modo nel periodo 2000-2006.

Abstract

We present the results obtained from a landuse and landcover change analysis in the surrounding area of Tam Giang - Cau Hai lagoon, Thua Thien Huè province, Vietnam. Landsat TM, ETM+, Aster and SPOT5 images were used to build a geographical and multitemporale landsuse database. The images were radiometrically and geometrically corrected by using a digital elevation model and GPS measurements. A hierarchic a priori nomenclature was adopted and the resulting classification was validated by using more than 70 ground truths. The change analysis statistics show a contraction and transformation of agricultural areas dedicated to rice cultivation, decrease of the lagoon water surface and an increase of the surface allocated to aquaculture ponds. An increase of deforested areas occurs between 2005 and 2006 as well.

Introduzione

Con la sua lunghezza pari a circa 70 km ed un'area di circa 22,000 ha, la laguna di *Tam Giang - Cau Hai* è una delle più estese dell'intera Asia ed è fonte di sussistenza per le circa 300,000 persone che vi abitano. L'area di studio, si trova nella provincia di Thua Thien Huè, il cui capoluogo è la città imperiale di Huè, Vietnam centrale. Si affaccia sul Mar Cinese Meridionale, copre una superficie di circa 120.000 ettari ed è compresa per quasi la sua interezza all'interno del bacino idrografico del *Fiume dei Profumi*; è delimitata a sud dal *Parco Naturale di Bach Ma* e ad ovest dai monti *Truong Son* (figura 1). Mentre le aree pianeggianti costiere sono preferenzialmente occupate da attività legate all'agricoltura (risicoltura in particolare) e dai maggiori insediamenti antropici, nelle zone montagnose crescono talora foreste molto dense e rigogliose.

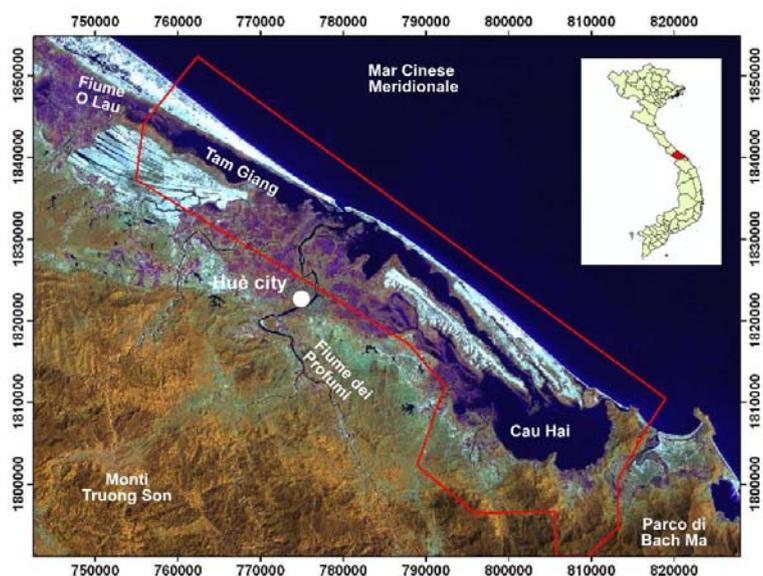


figura 1: La laguna di Tam Giang – Cau Hai ed in rosso l'area di studio; immagine Landsat TM FCC RGB 453 (17-02-1989; sistema di riferimento UTM WGS84 Fuso 48.

Attraverso l'utilizzo di immagini satellitari di alta e media risoluzione, in questo lavoro è stata costruita una banca dati geografica multitemporale di uso e copertura del suolo, per un periodo che va dal 1989 fino al 2006. L'attenzione è stata rivolta alle conversioni di uso e copertura del suolo che hanno visto un aumento delle attività di acquacoltura a discapito di quelle agricole. Verso la fine degli anni 90, l'aquacoltura in particolare, veniva considerata come un'alternativa alla tradizionale attività di pesca, sia perché consentiva un aumento del reddito, sia perché garantiva un'apparente riduzione dell'impatto sull'ambiente rispetto alle tradizionali tecniche di pesca. In realtà, la crescita degli impianti di acquacoltura, perlopiù a monocultura

di gamberi, è avvenuta ad un ritmo sostenuto portando con sé nuove problematiche, quali un pericolo di serio degrado della costa, di salinizzazione dei terreni, un aumento dei tassi di inquinamento della laguna ed un'implosione delle comunità di organismi che popolano le acque salmastre della laguna stessa (IMOLA, 2006; TTHSO, 1996 e 2001; Newkirk e Brzeski, 2001).

In questo lavoro vengono descritti i risultati dell'analisi multitemporale dei cambiamenti di uso e copertura del suolo avvenuti nell'area, ottenuti nell'ambito di un progetto di ricerca e collaborazione tra il Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena e il progetto di rilievo internazionale FAO IMOLA Huè (*"Integrated Management of Lagoon"*) (CGT - FAO LOA/RAP/2006/17).

Dati

I dati impiegati in questo lavoro sono descritti di seguito:

- Carta topografica in formato raster in scala 1:25,000 generata da foto aeree del 1999 (sezioni 6442 II DB, 6442 II DN, 6641 III DB, 6641 III TB, 6542 III DN, 6542 III TB, 6542 III TN, 6541 IV DB), georeferenziata nel sistema internazionale UTM WGS84 Fuso 48.
- Modello digitale del terreno MDT, necessario per l'ortorettifica delle immagini satellitari, realizzato a partire dalle informazioni altimetriche contenute nella topografia vettoriale in scala 1:25,000 messa a disposizione dal Progetto IMOLA Huè.
- Immagini multispettrali ortorettificate Landsat TM ed ETM+ *path/row* 125/48 e 125/49 del 17/02/1989 e del 02/06/2001 (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>)
- Immagini multispettrali ASTER L1B del 10/05/2000 e del 18/08/2000 che sono state successivamente rettificare attraverso uso di *ground control point* GCP e modello non rigoroso.
- Immagini multispettrali e pancromatiche SPOT 5 1A, acquisite in 3 date differenti: 06/05/2006 (K/J 275/317 e 276/317), 08/23/2005 (K/J 276/317) e il 09/23/2005 (K/J 275/317) messe a disposizione dal Progetto IMOLA Huè, ortocorrette tramite GCP e modello della camera di acquisizione rigoroso.
- Dataset di CGP acquisiti tramite misure GPS ed utilizzati nel processo di ortorettifica delle immagini SPOT5 insieme ad un dataset di 340 punti di controllo a terra, acquisito in Agosto 2006, utilizzato ai fini della fotointerpretazione al monitor.

- Dataset di 70 punti di controllo, acquisito in Luglio 2007, utilizzato per la validazione della bancadati multitemporale.

Metodologia

Rettifica e georeferenziazione delle topografie

Le basi topografiche in scala 1:25,000, sono state scansionate e successivamente rettifiche mediante l'uso delle coordinate dei vertici delle mappe che sono stati trasformati dal sistema nazionale VN2000 a quello internazionale WGS84. Le mappe sono state e successivamente proiettate in UTM Fuso 48.

Realizzazione del MDT

Utilizzando le informazioni altimetriche contenute nella copertura topografica vettoriale, è stato costruito il MDT. Gli strati informativi necessari per tale operazione sono stati preventivamente trasformati dal sistema nazionale UTM VN2000 al sistema internazionale UTM WGS84 mediante una trasformazione per compensazione spaziale di tipo *similarity*. Questa trasformazione, non essendo rigorosa, non mantiene le caratteristiche di precisione e accuratezza delle topografie vettoriali di partenza, tuttavia applicata in aree di pianura, ha fornito precisioni paragonabili a quelle delle topografie in formato raster. Il passo di campionamento è stato di 20 metri e quindi l'errore altimetrico atteso è di circa 12.5 metri, cioè 1/2 dell'equidistanze delle isoipse (Kolbl, 2001).

Ortorettifica delle immagini SPOT5 mediante modello rigoroso

La correzione delle 6 immagini SPOT5 è stata eseguita mediante l'utilizzo delle effemeridi e dei dati orbitali associati (Leica Geosystems, 2006). La triangolazione del blocco delle sei immagini è stata effettuata mediante utilizzo di GCP e punti di legame. I GCP sono stati rilevati a terra tramite GPS cercando di mantenere una distribuzione planimetrica il più possibile omogenea. Tale caratteristica non sempre si è potuta verificare per la difficoltà di individuazione di particolari ben definiti in zone montuose, quasi prive di manufatti o per difficoltà di accesso ai luoghi ben visibili nelle immagini. Data la buona sovrapposizione tra le scene si è cercato inoltre di materializzare punti individuabili nel maggior numero di immagini contemporaneamente. I risultati della triangolazione forniscono dei valori di coregistrazione di circa 0.3 pixel, e valori di accuratezza planimetrica di 7 metri sulla coordinata X, 5 metri sulla coordinata Y e 20 metri sulla quota. I valori di accuratezza sono stati calcolati mediante l'uso di *check point* misurati a terra tramite GPS. Considerando gli scopi di questo lavoro, la buona congruenza con le immagini ortorettificate Landsat ETM+ e con i dati GPS, ed infine la scala di restituzione dei risultati, i valori di accuratezza ottenuti sono stati sufficienti per lo svolgimento dei successivi *step* di lavoro.

Rettifica delle immagini ASTER

La rettifica delle immagini ASTER è stata eseguita mediante l'uso di un polinomio di secondo grado utilizzando come riferimento le immagini SPOT5 ortorettificate.

Realizzazione della legenda e interpretazione al monitor

Ai fini della delimitazione e identificazione al monitor delle classi di uso e copertura del suolo, si è resa indispensabile la definizione di parametri oggettivi da rispettare per assicurare omogeneità al prodotto e non difformità di giudizio. È stata definita un'*area unitaria*, concetto mutuato dal sistema di classificazione *CORINE Land Cover*, (EEA 1993 e 2000), cioè quell'area la cui copertura interna può essere considerata omogenea oppure la cui struttura è caratteristica per la compresenza di aree elementari e deve essere distinguibile dalle circostanti. È stata definita l'area della superficie dell'unità più piccola rappresentabile, 1,56 ettari. Infine affinché le aree a prevalente sviluppo lineare potessero essere rappresentate, queste dovevano avere una larghezza minima di almeno 25 metri. La scala di lavoro scelta è 1:25,000 che garantisce un dettaglio che risponde appieno alle esigenze di monitoraggio, di pianificazione e gestione di aree sensibili come quella in esame.

Per poter garantire una certa flessibilità ed una possibilità di aggiornamento futuro, si è scelto un sistema di classificazione a priori gerarchico unendo concetti di uso e copertura del suolo (figura 2). La struttura gerarchica è composta da 5 classi di primo livello, 11 di secondo, 23 di terzo e 8 di

1 Superfici artificiali	11 Tessuto urbano	111 Tessuto urbano continuo	
		112 Tessuto urbano discontinuo	
	12 Zone industriali, commerciali e infrastrutturali	121 Aree industriali	
		122 Porti e aeroporti	
		123 Aree di acquacoltura	1231 Aree di acquacoltura interne 1232 Aree di acquacoltura esterne
13 Miniere e cantieri	131 Miniere		
14 Tombe, cimiteri e aree monumentali	141 Tombe e cimiteri		
2 Superfici agricole	21 Seminativi	211 Risaie	
		212 Coltivazioni complesse	
	22 Aree agroforestali	221 Aree agroforestali	
3 Territori boscati e ambienti semi-naturali	31 Zone boscate	311 Boschi di latifoglie	3111 Boschi di latifoglie radi 3112 Boschi di latifoglie densi
		312 Boschi di conifere	3121 Boschi di conifere radi 3122 Boschi di conifere densi
		313 Boschi misti di conifere e latifoglie	3131 Boschi misti di conifere e latifoglie radi 3132 Boschi misti di conifere e latifoglie densi
		314 Aree a mangrovie	
	32 Zone aperte con poca vegetazione rada o assente	321 Arbusti, cespuglieti	
		322 Aree sabbiose interne	
		323 Aree sabbiose costiere	
4 Zone umide	41 Zone umide interne	411 Aree umide interne	
5 Corpi idrici	51 Acque continentali	511 Corsi d'acqua	
		512 Bacini d'acqua	
	52 Acque marittime	521 Lagune	
		522 Mari e oceani	

figura 2: Nomenclatura di uso e copertura del suolo utilizzata



figura 3: esempio di come si presenta la classe 123 in un'immagine Spot5 FCC RGB 342; a destra, rilievo delle coordinate GPS di un punto utilizzato nel processo di ortorettifica.

Realizzazione e validazione della banca dati

La banca dati multitemporale è stata realizzata per gli anni 1989, 2000 e 2006.

Alla fase di delimitazione ed identificazione delle unità di uso e copertura del suolo sulle immagini 2005 e 2006, è succeduta la modifica degli archi dei poligoni della classificazione relativa al 2006 e l'eventuale cambio di attributi del centroide che definisce la classe, per effettuare la classificazione relativa al 2000 e quella relativa al 1989. Questa procedura è stata scelta in quanto per il periodo 2005-2006 si disponeva della massima quantità e qualità di dati. Inoltre le immagini 2006 coprono l'intera area, sono prive di disturbi atmosferici, comprendono le immagini pancromatiche ed hanno una buona qualità radiometrica e geometrica. Questa procedura limita i problemi di coregistrazione di immagini e di creazione di poligoni *sliver* nel processo di confronto tra le immagini classificate appartenenti a epoche diverse.

Nel Luglio del 2007 è stata svolta un campagna di rilievo nella quale sono stati raccolti circa 70 punti di controllo per la validazione della bancadati multitemporale.

quarto. Il quarto livello è stato aggiunto per 4 classi di terzo livello: le aree di acquacoltura sono state suddivise tra interne (1231) e di laguna (1232); le foreste a latifoglie, le conifere e le foreste miste suddivise ciascuna in base alla densità. Le classi sono state definite in base a chiavi interpretative cromatiche e tessiturali.

L'uso dei punti di controllo a disposizione insieme alla diretta conoscenza del territorio, ha permesso una più agevole interpretazione e delimitazione di quelle aree la cui copertura è fortemente dipendente dalle caratteristiche di stagionalità come per esempio la classe 21 "seminativi" o la classe 31 "zone boscate", che presentano difficoltà nelle loro classificazione.

I compositi a falsi colori FCC maggiormente utilizzati sono stati i FCC RGB 321 e 342 per le immagini SPOT5 e ASTER.; mentre per le immagini LANDSAT TM i FCC RGB 432, 453 e 752. Le immagini pancromatiche sono state sfruttate per le analisi di dettaglio ed in particolare per la delimitazione delle classi 211 (risaie) e 213 (aree di acquacoltura, figura 3).

Analisi dei cambiamenti

Da un punto di vista rigoroso il confronto effettuato tra le classificazioni non è di tipo *post-classificazione*, dal momento che per definire le banche dati 1989 e 2000 si è partiti dalla banca dati del 2006, e perciò non possono ritenersi classificazioni indipendenti. Tuttavia in questa maniera vengono ridotte le probabilità di propagazione degli errori che rendono un confronto *post-classificazione* causa di basse accuratèzze.

Risultati e discussione

Dai risultati di questo lavoro emergono chiaramente le conferme ai cambiamenti socio-economici avvenuti nell'area investigata, ed in generale nella provincia di Thua Thien Huè, negli ultimi anni. Nell'analizzare le tipologie di cambiamento, è necessario considerare che l'entità del cambiamento deve essere valutata non solo in termini di estensione assoluta, ma anche rapportata alla superficie complessiva della classe di cui fa parte. Inoltre devono essere considerati significativi solo i cambiamenti che riguardano classi che hanno un certo rilievo sul territorio.

In figura 4 si osserva come la superficie totale occupata dalle classi di secondo livello 21 (Seminativi) e 52 (Acque marittime) abbiano ridotto drasticamente la loro estensione, mentre la classe 12 (Zone industriali) nello stesso periodo abbia registrato una notevole espansione.

Sebbene nella zona presa in esame, tra il 1989 ed il 2000 si sia registrato un aumento importante della copertura boschiva (classe 31) e tra il 2000 ed il 2006 un diminuzione della stessa, la superficie totale ricoperta da boschi è aumentata di circa 800 ettari nell'intero periodo 1989-2006. Andamento opposto mostra invece la classe 32 (Zone aperte con vegetazione rada o assente).

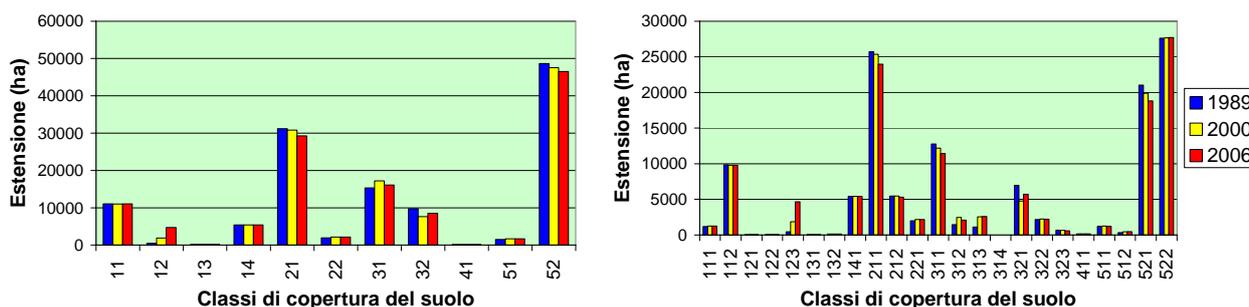


figura 4: Estensione in ettari delle classi di copertura/uso del suolo al secondo e terzo livello per le date 1989, 2000 e 2006.

In figura 5 ed in figura 6 vengono rappresentate in base alla la superficie occupata dalle classi 211 e 521 nel 1989, la percentuale di superficie che nel 2006 appartiene ad un'altra classe. Nel caso delle risaie, nell'arco temporale indagato, circa il 6.5% della superficie occupata nel 1989 subisce una conversione a vasche di acquacoltura (cambiamento pari a circa 1700 ettari).

Analogamente si nota come circa il 10.5% della superficie occupata nel 1989 dalla laguna sia stata convertita a vasche di acquacoltura (cambiamento pari a circa 2200 ettari). Solamente in misura minore le coltivazioni di riso sono state convertite a colture miste o ad altri usi. Questi cambiamenti sono ben riconoscibili e delineabili sia nelle immagini SPOT5 ad alta risoluzione sia in quelle Landsat TM e ETM+ (figura 7).

Sebbene, come già anticipato, ci sia un aumento netto di superficie boschiva, e quindi un apparente fenomeno di riforestazione, la realtà degli ultimi anni mostra come nella zona sia in atto uno sfruttamento industriale importante del legname. Questo fenomeno risulta chiaro osservando l'aumento della superficie della classe 321 ed una diminuzione sia della classe 311 (Boschi a latifoglie) sia della classe 312 (Boschi a conifere). Sempre per le aree boschive si registra un altro fenomeno importante: infatti aumenta la quantità di copertura di conifere come testimonia l'incremento della superficie delle classi 312 (boschi a conifere) e 313 (boschi misti a latifoglie e conifere). In figura 8 è riportata la matrice dei cambiamenti per tutte le classi prese in considerazione in questo studio.

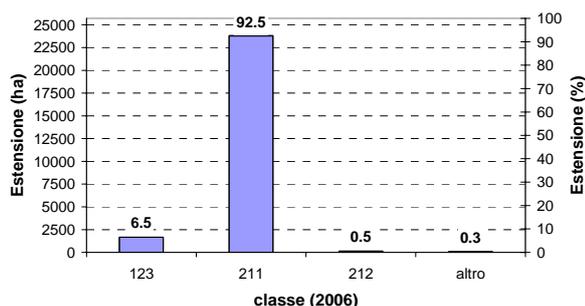


figura 5: Estensione totale in ettari e percentuale, del cambiamento della classe 211 tra il 1989 ed il 2006

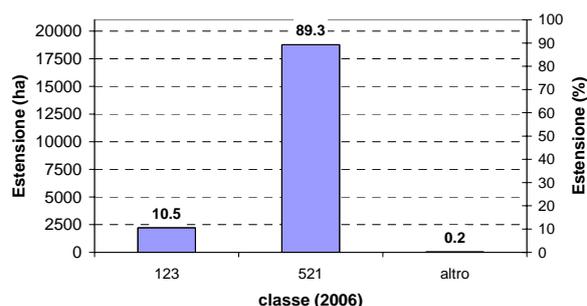


figura 6: Estensione totale in ettari e percentuale, del cambiamento della classe 521 tra il 1989 ed il 2006

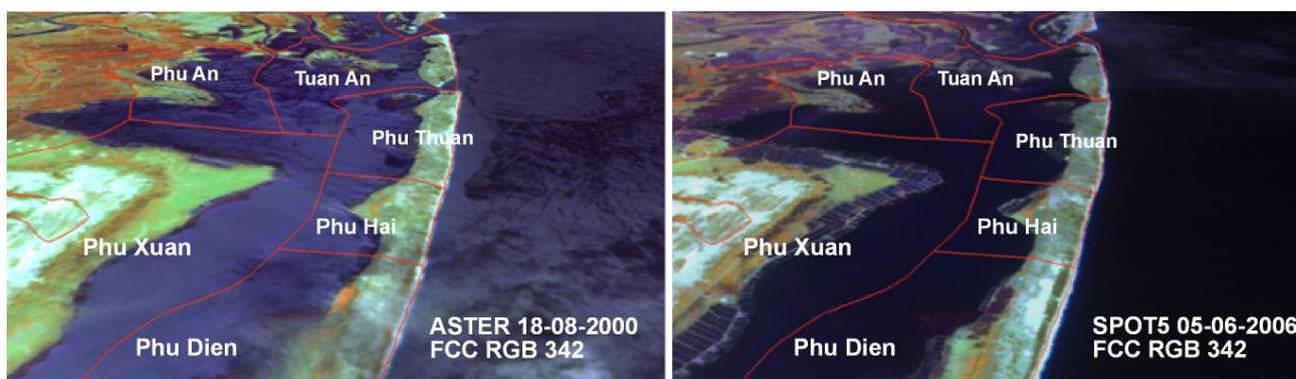


figura 7: Visione 3D degli effetti della conversione di copertura nei comuni che si affacciano nella porzione centrale della laguna di Tam Giang – Cau Hai.

Conclusioni

Risulta evidente come l'area della laguna di Huè sia stata in questi anni, soprattutto nell'intervallo 2000-2006, oggetto di fenomeni di cambiamento e conversione in massima parte legati all'intervento antropico.

Nell'entroterra si sono messe in evidenza delle conversioni dovute a pratiche disboscamento per sfruttamento industriale delle specie vegetali, nonostante le autorità nazionali siano da molti anni impegnate nella protezione e nell'accrescimento di questa risorsa, e molti progetti in ambito nazionale ed internazionale abbiano affrontato tale argomento.

Lo studio dell'intervallo 1989-2006 ha evidenziato che l'area destinata alle attività e agli impianti di acquacoltura è aumentata in maniera drastica passando da 430 a 4650 ettari di superficie, occupando parte della laguna, che ha ridotto la sua superficie di circa 2200 ettari, e aree in precedenza occupate da risaie. Questa conversione ha avuto un notevole impatto non solo dal punto di vista ambientale ma anche economico e sociale. Hanno determinato significative variazioni delle dinamiche della laguna, salinizzazione dei terreni per effetto dell'abbattimento delle dighe di separazione tra la laguna stessa e l'entroterra, aumento dei livelli di inquinamento dovuto al carente trattamento dei reflui da parte dei produttori.

La riduzione della superficie della laguna, l'aumento delle attività legate alla pesca in laguna, e la presenza di una fitta rete di sistemi fissi di pesca (*fish corral*, *fishnet*, *bottom net* ecc.) sono fattori che condizionano fortemente lo sviluppo della popolazione ittica e negli anni hanno portato ad una inevitabilmente riduzione della produttività della laguna.

Il telerilevamento mette a disposizione strumenti che, grazie alla loro ripetibilità temporale, consentono di monitorare in modo quantitativo, accurato e relativamente economico fenomeni da studiare in un quadro allargato e multidisciplinare. In questo contesto emerge che risulta necessario un quadro normativo chiaro che serva da punto di riferimento per le politiche e lo sviluppo futuro di attività di forte impatto socio-economico ed ambientale come quella dell'acquacoltura, ed il

Progetto IMOLA Huè, nel quale questo lavoro si inquadra, cerca proprio di coniugare sviluppo e salvaguardia per un futuro meno incerto della laguna di Tam-Giang Cau-Hai.

		Uso del suolo 2006																				Tot 1989 (ha)		
		111	112	121	122	123	131	132	141	211	212	221	311	312	313	314	321	322	323	411	511		512	521
Uso del suolo 1989	111	1175				0																	0	1176
	112	72	9753	14		8	11																2	9861
	121			23																				23
	122				23																			23
	123					437																	9	446
	131						34																	34
	132							128																128
	141					12		5412																5423
	211	1	27			1668			23842	129					3		10						31	25713
	212					231			92	5097							47						2	5468
	221										1974													1974
	311									2	28		10596	376	1047		705	13					4	12772
	312	1				33			4		3		33	1106	79	156	16	3					3	1437
	313												93	239	644		131							1108
	314														4									4
	321					24				23	113	695	355	822		4635	116				8	179	0	6970
	322					12				19	78					7	2044							2160
	323					14										7		564					7	672
	411																		150					150
	511																3	10			1189	16		1217
512									17	9	6				5	15					263		315	
521	1	5			2214		5		8	0					9						16	18770	21029	
522																						5	27613	
Tot 2006 (ha)	1251	9786	37	23	4653	34	144	5416	23961	5308	2171	11416	2075	2596	4	5716	2213	588	150	1197	462	18824	27693	125719

figura 8: Matrice nella quale vengono riportati in ettari i cambiamenti avvenuti tra il 1989 ed il 2006 nell'area di studio.

Bibliografia

- CIDALA Coordinate Transfer 1.2, www.ciren.gov.vn
- EEA (1993), “CORINE Land Cover Technical Guide”.
- EEA (2000), “CORINE Land Cover Technical Guide: Addendum 2000”.
- IMOLA Project, “Socio-economic Baseline Survey of Hue Lagoon, Part I&II, Survey Report”, Huè 2006.
- Kapetsky James McDaid e J. Aguilar-Manjarrez, (2007), “Fishery Resources Officer Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture”; FAO Fisheries Technical Paper. No. 458;
- Kolbl, O., (2001), “Technical specifications for the elaboration of Digital Elevation Models”. Report ver. 4. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Department de Genie Rural.
- Le Thi Nam Thuan, (1999), “Study on the impact of improved extension culture on the environment of shrimp ponds in Tam Giang Lagoon”. Project reports of IDRC Library; http://www.idrc.ca/en/ev-105185-201-1-DO_TOPIC.html
- Newkirk G. F. e Veronika J. Brzeski, (2001), “Lessons in Resource Management from the Tam Giang Lagoon”, Coastal Resources Research Network (CoRR), Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada, ISBN 0-7703-9500-7
- Ton That Pap, Le Van Mien, Le Thi Nam Thuan, (2002), “Sustainable development of Aquaculture in Tam Giang Lagoon”, VIET NAM: Project reports of IDRC Library; <http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/handle/123456789/28309>
- TTHSO (Thua Thien Hue Statistical Office), (1996), “Thua Thien Hue Statistical Yearbook 1995”. Hue, Vietnam: Thua Thien Hue Statistical Office.
- TTHSO (Thua Thien Hue Statistical Office). (2001), “Thua Thien Hue Statistical Yearbook 2000”. Hue, Vietnam: Thua Thien Hue Statistical Office.
- Leica Geosystems, (2006), “Leica Photogrammetry Suite Project Manager”.

