

Land Cover della Regione Marche e sue applicazioni per il Change Detection nell'ambito del Progetto INTERREG ANCONAPACO

Achille BUCCI (*), Paolo ROSSINI (**), Lorenzo BOTTAI (***), Giovanni CAFIERO (****)

(*) Regione Marche – PF Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici - Via Tiziano, 44- 60125 Ancona - tel. 071.8063537 e-mail: achille.bucci@regione.marche.it

(**) Studio PAN ricerche – Viale Regina Margherita, 270 – 00198 Roma – tel. 06.44231226 e-mail: spr.info@tiscali.it

(***) FCS Fondazione per il Clima e la Sostenibilità -

(****) Studio Cafiero - Via San Francesco di Sales, 90 – 00165 Roma – tel. 06.6876608 e-mail: giovanni.cafiero@mclink.net

Abstract

This article shows IKONOS image use in the context of the INTERREG ANCONAPACO project concerning the natural, environmental and rural property of the plains, hills and coastlines areas. It has been achieved an update of the Land Cover and a Change Detection analysis at the 1:10.000 scale with the Land Cover produced in 1984 by aerial photos. This comparison analysis with date of different years has allowed to estimate, comprehend and weight the changes and to screen their direction to the future.

Generalità

Questo documento illustra l'impiego di immagini IKONOS nell'ambito del progetto INTERREG ANCONAPACO relativo al patrimonio naturale, ambientale e paesaggistico delle aree di pianura, collina e costiere. E' stato eseguito un aggiornamento del *Land Cover* e un'analisi dei Cambiamenti ("Change Detection") condotta a micro-scala (1:10.000) con il *Land Cover* realizzato nel 1984 su foto aeree. Un siffatto studio diacronico ha permesso di valutare il significato dei mutamenti avvenuti, quantificarne il peso e la direzione per il futuro.

Analisi del *Land Cover* attraverso le cartografie e il Telerilevamento

L'aggiornamento del *Land Cover* è stato realizzato lungo una fascia di circa 20 km dell'intera costa marchigiana. Come supporto di rilevamento del dato sono state impiegate immagini IKONOS *Ortho kit* MS 4 bande separate (Rosso, Verde, Blu e Vicino Infrarosso) a risoluzione geometrica di 4 metri e PAN a risoluzione geometrica di 1 metro acquisite nel periodo autunnale del 2005 e primaverile del 2006 e processate al primo livello. La procedura è stata organizzata in tre fasi: creazione del DEM, orto-rettifica con fusing e mosaicatura delle immagini, e progettazione.

Il DEM è stato costruito con le curve di livello ed i punti quotati derivati dalla CTR 1:10.000, impiegando il modulo Intercon del software IDRISI che è in grado di interpolare i valori su una maglia raster basandosi su criteri di vicinanza spaziale in condizioni di insufficiente informazione (fondo valle) e di alta informazione altimetrica (versanti). Il DEM ottenuto consta di una matrice di 13074 righe e 10265 colonne con passo di 10 metri. Ogni singola cella è memorizzata in formato *float* per meglio approssimare i valori della quota. Al termine dell'interpolazione è stato eseguito un test per verificare la precisione del DEM in termini di congruenza e di verosimiglianza. Sono stati scelti 580 punti di quota nota distribuiti casualmente nell'area in esame e sono stati confrontati i valori reali con quelli interpolati. L'errore massimo stimato è pari a $\pm 3,9$ metri inferiore al valore atteso pari a 5, ovvero metà dell'equidistanza delle curve di livello.

L'orto-rettifica delle immagini è stata necessaria per migliorarne la precisione e georiferirle dalla proiezione UTM/WGS84 – Fuso 33 a quella Gauss-Boaga/Roma40 – Fuso Est adottata dalla

Regione Marche. Per la correzione delle immagini è stato impiegato il software Geomatica-PCI scegliendo 20 GCP per scena basandosi sulla CTR e sul DEM per la determinazione in automatico dei valori X, Y, Z. L'accuratezza della rettificazione è stata testata su un totale di 480 GCP. Per ognuno di essi è stata calcolata lo scarto fra i valori delle coordinate di partenza e trasformate mediante il modello adottato. Il valore dell'errore quadratico medio RSM è risultato inferiore a $\pm 2,0$ metri. Si è quindi proceduto con il *Fusing*, combinando per ogni immagine le 4 bande di colore con quella del pancromatico in modo da ottenere una nuova immagine ibrida con una risoluzione geometrica pari a 1 metro e una risoluzione radiometrica pari a 4 metri. La tecnica utilizzata è quella IHS (*Intensità, Hue, Saturation*) la quale consente di separare e combinare un'immagine standard RGBI in una componente spaziale (I) e in due spettrali (H, S). L'operazione conclusiva di preparazione delle scene satellitari è stata la loro mosaicatura per ottenere due sole immagini per l'area in esame: una di tipo RGB ed un'altra di tipo a falsi colori 432. Questo passaggio, realizzato applicando un *histogram match* è importante non solo per migliorare la precisione metrica del dato, ma anche per rendere meno accentuate le differenze cromatiche tra immagini contigue all'interno di ogni singola banda.

Considerando le finalità del progetto ANCONAPACO e la qualità dei dati a disposizione, l'archivio del *Land Cover* è stato progettato con una legenda semplificata, comunque utile per eseguire successivi approfondimenti tematici. I poligoni relativi alle categorie di copertura del suolo sono stati catturati per foto-interpretazione delle immagini satellitari con l'ausilio di alcuni strati della CTR 1:10.000 esistenti in formato GIS. Ciò ha consentito di accelerare i tempi di realizzazione e di garantire la consistenza con il contenuto della cartografia di base. Essendo, quindi, la scala nominale di riferimento il 10.000, l'unità minima cartografabile è stata fissata ad un valore di 0,5 ha, pari ad un quadrato di circa 7 mm di lato in suddetta scala. Si è fatta eccezione per i corpi idrici (laghi) presenti nella CTR, con l'opportuna verifica della loro presenza al momento della ripresa, e per alcune tipologie di superfici artificiali, se ritenute particolarmente significative per una lettura organica e continuativa del territorio e per evidenziare i contrasti con il contesto su cui insistono. L'impiego dei dati della CTR si è rivelato di grande importanza. Alcuni degli elementi lineari, infatti, sono divenuti d'appoggio per la foto-interpretazione. In particolare, il grafo della viabilità, attraverso una bufferizzazione a dimensione variabile in dipendenza della tipologia della strada, insieme ai perimetri delle aree urbanizzate ha consentito di generare la base primitiva su cui appoggiare tutte le classi catturate. Parte degli elementi poligonali presenti nella cartografia ha consentito di districarsi tra i casi dubbi di attribuzione dei codici. Per la classificazione ci si è basati sul terzo livello del Corine Land Cover seguendo le indicazioni emerse da analoghe esperienze (Carta dell'Uso del Suolo della Regione Lazio, Carta dell'Uso del Suolo del Bacino del Fiume Cecina, Carta dell'Uso del Suolo della Regione Sardegna). La maggiore semplificazione riguarda nelle attribuzioni delle classi le aree boscate. Per queste, infatti, la metodologia adottata ha tenuto conto più di un gradiente di coperture che di un vero e proprio criterio ecologico-tassonomico. Nella seguente tabella vengono elencate tutte le classi che sono state utilizzate.

LIVELLO 1	LIVELLO 2	LIVELLO 3
1 Superfici artificiali	11 Tessuto Urbano	111 Zone residenziali a tessuto continuo 112 Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado 113 Edificato sparso
	12 Unità industriali, commerciali e di trasporto	121 Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e priv. 122 Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche 123 Aree portuali 124 Aeroporti
	13 Miniere, discariche e luoghi di costruzione	131 Aree estrattive 132 Discariche 133 Cantieri
	14 Aree con vegetazione artificiale	141 Aree verdi urbane 142 Aree ricreative e sportive 143 Cimiteri
2 Aree Agricole	21 Seminativi	211 Seminativi
	22 Colture permanenti	221 Vigneti
		222 Frutteti e frutti minori 223 Oliveti

		224 Altre colture permanenti
	23 Pascoli	231 Pascoli
	24 Aree agricole omogenee	241 Colture temporanee associate a colture permanenti 242 Sistemi colturali e particellari complessi
3 Foreste ed aree seminaturali	31 Foreste	311 Boschi a prevalenza di latifoglie 312 Boschi a prevalenza di conifere 313 Boschi misti di latifoglie e conifere
	32 Associazione di vegetazione erbacea e/o arbusti	324 Aree verdi di transizione
	33 Spazi aperti con poca o nessuna vegetazione	331 Spiagge, dune e sabbie 332 Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti 333 Aree scarsamente vegetate
4 Terre Umide	41 Terre umide costiere	411 Paludi interne
5 Corpi d'acqua	51 Acque interne	511 Corsi d'acqua, canali e idrovie 512 Bacini d'acqua
	52 Acque marine	523 Mare

Figura 1 – Legenda del Land Cover 2005

Analisi dei cambiamenti (*Change Detection*) con i *Land Cover* del 1984 e del 2005

Il modello impiegato per questo tipo di analisi spaziale si chiama LCM (*Land Change Modeler*). È stato commissionato dall' "Andes Center for Biodiversity Conservation" dell'associazione internazionale "Conservation International" e sviluppato dai Clark Labs.

Prima di convertire i due *layer* nei formati richiesti da LCM è necessario stabilire un'unità territoriale comune e rendere comparabili i contenuti informativi. Difatti, dato il lasso di tempo trascorso tra i due LC, i dati differiscono notevolmente non solo per la metodologia di rilievo (digitalizzazione da ortofoto aree in formato analogico e alla scala 1:10.000 per il LC 84), ma anche per i criteri di classificazione adottati. La comparabilità dei contenuti informativi è stata ottenuta studiando le definizioni delle classi dei due LC e raggruppandole in 8 macroclassi.

CLASSE	SIGLA	CODICE
Area non class. con edificato	XE	111
Area non class. con infrastrutture	XI	113
Area non class. con edif. produttivo	XP	112
Area non class. in prevalenza boschiva	XB	150
Edificato residenziale	ER	11
Edificato produttivo	EP	12
Edificato con infrastrutture	EI	13
Aree in trasformazione	ET	16
Attrezzature ricreative e turistiche	EA	15
Strade asfaltate	EIA	141
Strade bianche	EIB	142
Autostrade	EIS	14
Ferrovie	AIF	143
Seminativo non irriguo	SN	21
Seminativo irriguo	SI	22
Seminativo arboreo	SA	23
Coltura orticola	SO	24
Vigneto	CV	31
Frutteto	CG	32
Oliveto	CO	33

CLASSE	SIGLA	CODICE
Serre e vivai	CS	34
Agrometo	CA	35
Pioppeto	LP	40
Bosco	B	50
Pascolo-prato, pascolo-prato permanente	P	60
Incolto cespugliato	IC	71
Incolto con alberi	IAA	72
Incolto con rocce e detriti	IR	73
Incolto misto	IM	74
Incolto lungo i fossi di scolo	IAI	75
Incolto lungo le strade	IAA	76
Rocce ed accumuli detritici	NR	81
Aree in erosione	NE	82
Spiagge	NS	83
Aree estrattive	NC	84
Laghi e lagune di cava	NCL	85
Corsi d'acqua e canali	AC	91
Laghi e lagune	AL	92
Bacini artificiali	AA	93
Allevamenti ittici	AI	94

Figura 2 – Legenda del Land Cover 1984

CLASSI COMUNI	CLASSI 1984	CLASSI 2005
1 - Edificato residenziale	11, 111	111, 112, 113
2 - Edificato produttivo con infrastrutture	12, 13, 14, 15, 16, 112, 113, 141, 142, 143	121, 122, 123, 124, 133, 141, 142, 143
3 - Seminativo	21, 22, 24	211, 242
4 - Frutticoltura e colture permanenti	23, 31, 32, 33, 34, 35	221, 222, 223, 224, 241
5 - Vegetazione naturale	40, 50, 60, 71, 72, 74, 75, 82, 150	311, 312, 313, 324
6 - Aree non vegetate	73, 76, 81, 83, 84, 85	131, 132, 331, 332, 333
7 - Acque interne	91, 92, 93, 94,	411, 511, 512, 523
8 - Non classificato	0, 10, 70, 90, 100, 200	

Figura 3 – Macroclassi e ri-classificazione comune 1984-2005

La macroclasse 8 è stata introdotta per tener conto delle aree presenti nel LC 84 il cui codice non è contemplato nella legenda ufficiale. Confrontando i dati nel formato vettoriale è possibile subito valutare i cambiamenti assoluti in termini di ha. Dalla tabella seguente emergono subito due importanti differenze: i valori totali della superficie classificata per via della diversa definizione della linea di costa fra le due foto-interpretazioni e la considerevole riduzione della classe di frutticoltura compensata da un aumento del seminativo, dell'edificato e della vegetazione naturale.

MACROCLASSI	ETTARI LC 1984	ETTARI LC 2005	DIFF. ASSOLUTA	DIFF. %
1 - Edificato residenziale	16445	21693	5248	32
2 - Edificato produttivo con infrastrutture	12090	13501	1412	12
3 - Seminativo	80536	116664	36128	45
4 - Frutticoltura e colture permanenti	64407	19259	-45149	-70
5 - Vegetazione naturale	14483	18189	3705	26
6 - Aree non vegetate	1719	1808	89	5
7 - Acque interne	3243	808	-2535	-76
8 - Non classificato	45	0	-45	-100
TOTALE	193068	191922		

Figura 4 – Differenze nel Land Cover sull'area totale

Le differenze che emergono, per via della diversa natura delle foto-interpretazioni andrebbero considerate con la dovuta cautela, ma dato il loro elevato valore sono un forte indicatore delle trasformazioni in atto. Per completare l'analisi con informazioni spaziali si è ricorso al modello LCM. I dati sono stati discretizzati in una matrice con passo di 50 metri. Il passaggio dal continuum vettoriale all'immagine raster ha comportato delle approssimazioni che, alla risoluzione adottata, sono risultate trascurabili con la sola eccezione delle classi caratterizzate da poligoni lunghi e sottili (reticolo idrografico e stradale) e comunque non superiori al 16%. Dal confronto fra i dati sono stati ricavati grafici e mappe del cambiamento.

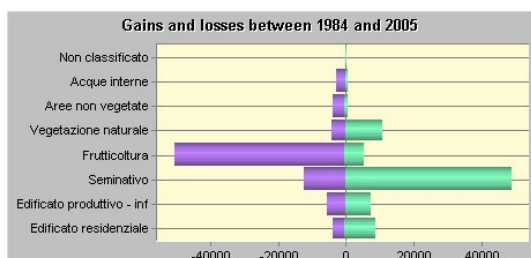


Figura 5- Guadagni e Perdite in ha

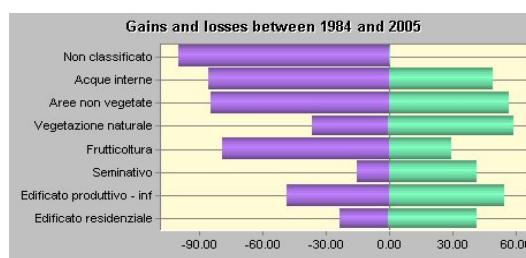


Figura 6 – Guadagni e Perdite in %

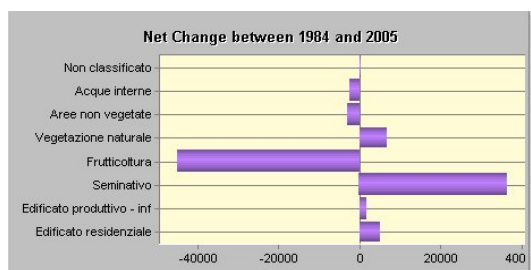


Figura 7 – Scambio Netto

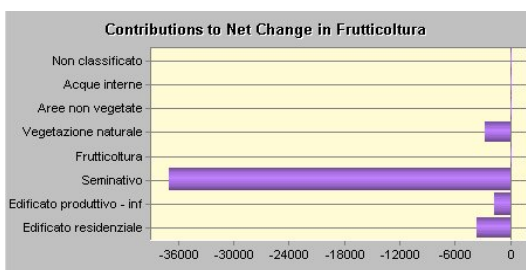


Figura 8 – Contributi al cambiamento netto

I grafici di figura 5 e 6 rappresentano i guadagni e le perdite in termini assoluti e relativi e mostrano chiaramente che le classi interessate dalle maggiori trasformazioni sono la frutticoltura ed il seminativo. Si nota inoltre la totale scomparsa del non classificato com'era ovvio aspettarsi dato che era presente nel solo LC del 1984 per una superficie di 45 ettari. Lo scambio netto, invece, sottolinea che alla forte diminuzione della frutticoltura è corrisposto un aumento del seminativo, della vegetazione naturale e dell'edificato in generale. I contributi al cambiamento netto della frutticoltura mostrano le nuove classi di appartenenza ed indicano ancora l'esistenza di una forte relazione fra la frutticoltura e il seminativo. In sostanza viene confermato quanto accaduto in questi

ultimi venti anni a scala regionale: passaggio da un'agricoltura intensiva impostata sulla consociazione coltura erbacea - coltura arborea ad un'agricoltura estensiva con il progressivo abbandono delle terre, aumento della pressione antropica lungo il litorale e le valli fluviali.

L'analisi fra i flussi delle classi è stata integrata da quella spaziale attraverso le mappe del cambiamento. Per ovviare agli errori di localizzazione geografica e di interpretazione, e per ridurre la frammentazione del dato ed aumentarne la leggibilità, sono state considerate le transizioni aventi una superficie superiore ai 1000 ha. Il modello ha individuato 16 tipi di transizione ma il risultato era di difficile lettura. Pertanto si è ovviato confrontando il Land Cover 1984 e la persistenza al 2005.

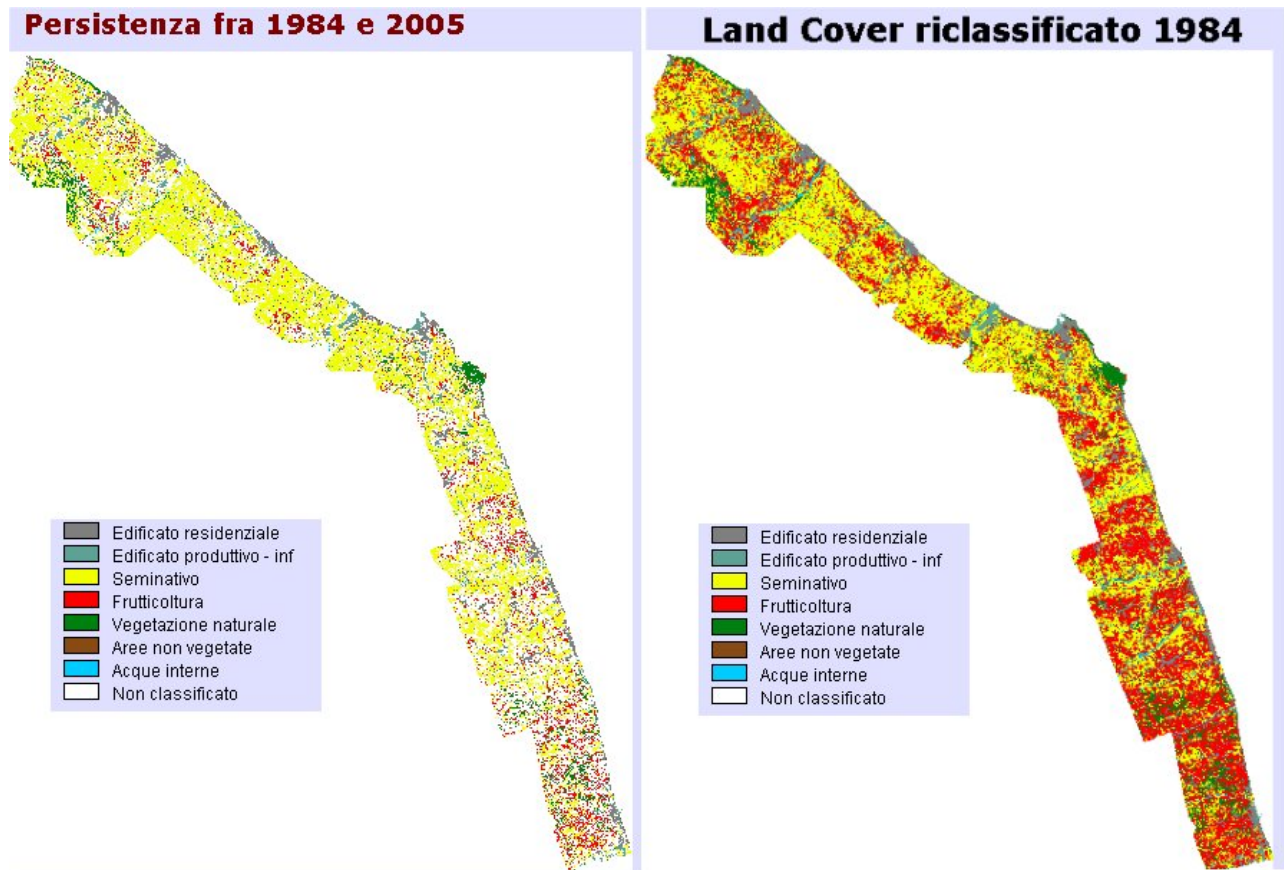


Figura 9 – Mappe del cambiamento

Si osserva immediatamente come la persistenza più consistente sia quella del seminativo seguita da quella delle aree urbane e dei boschi insistente però solo sul Conero (Area Protetta). Considerando, invece, che il non classificato nella persistenza corrisponde ai cambiamenti, si nota che questi sono concentrati tutti a ridosso dell'edificato o del seminativo e che a livello di destinazione agricola le maggiori trasformazioni si sono verificate nella parte più meridionale del territorio regionale.

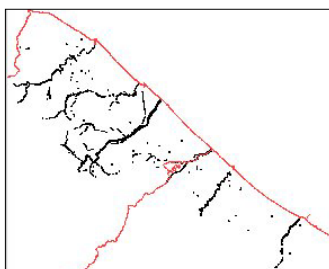


Figura 10 – Mappa del cambiamento netto acque interne - vegetazione naturale

Le mappe del cambiamento netto hanno consentito di stimare la sensibilità ed affidabilità delle due foto-interpretazioni. Ad esempio le superfici che da edificato residenziale sono passate ad edificato produttivo sono imputabili ad errore di interpretazione, mentre quelle che da acque interne sono divenute vegetazione naturale sono dovute ad un diverso criterio adottato per la restituzione. La distribuzione spaziale di queste ultime mostra chiaramente che sono distribuite lungo il reticolo idrografico. L'esame delle foto aeree usate per il LC del 1984 mostrano chiaramente come la classe *corsi d'acqua e canali* comprenda oltre al letto dei fiumi anche la vegetazione ripariale adiacente a differenza di quanto fatto per il LC del 2005.

Per evidenziare e decifrare i *patterns* di cambiamento il modello LCM permette di individuare, tramite un'opportuna interpolazione con un polinomio di ordine elevato, il *Trend* spaziale.

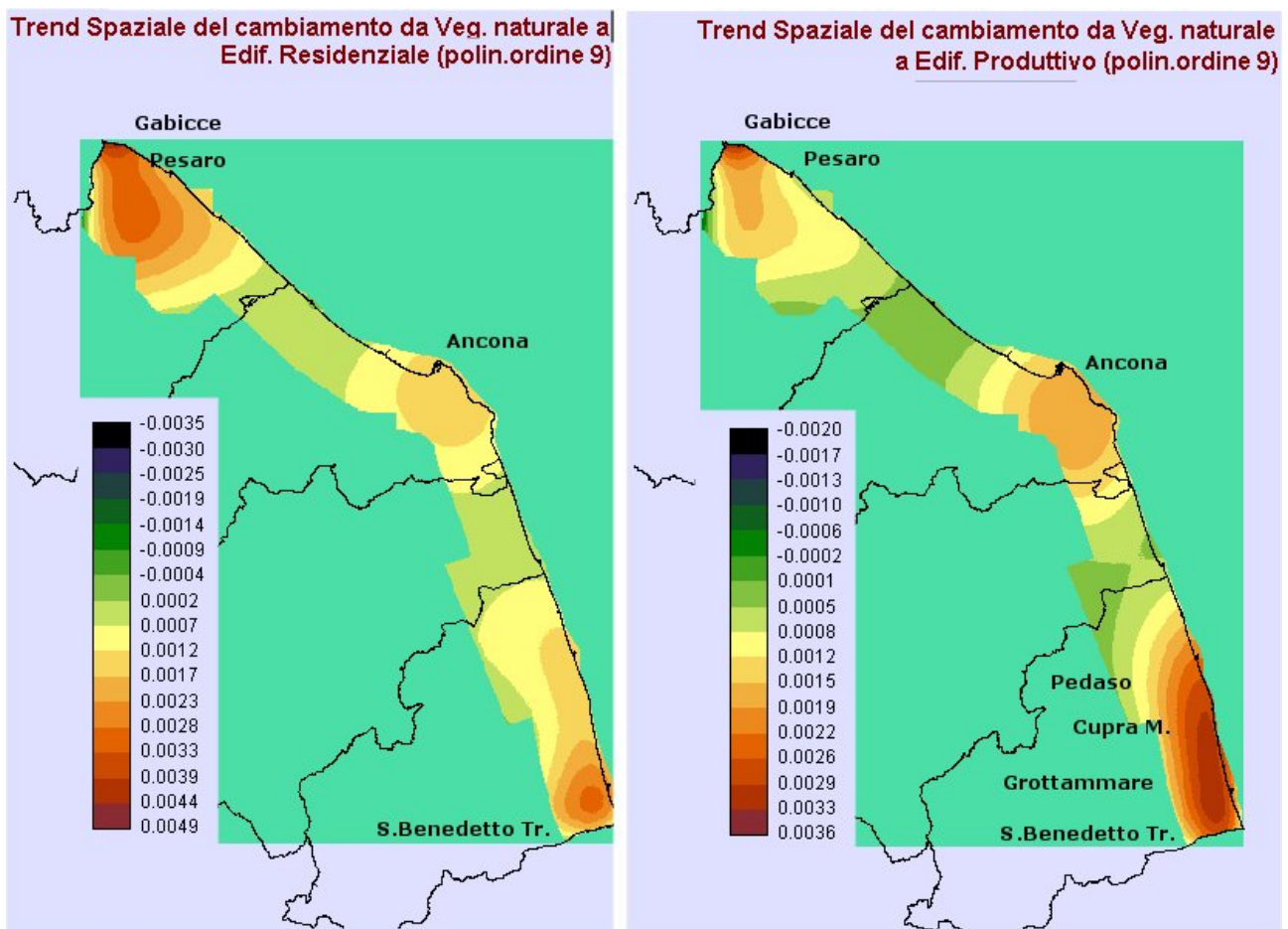


Figura 11- Esempi di Trend Spaziale

Particolarmente interessante nell'ottica della tutela ambientale è il trend delle classi dell'edificato alla vegetazione naturale. La transizione non ha interessato i principali centri urbani allo stesso modo. L'area nord, difatti, ha risentito di una accentuata spinta più verso l'edilizia di tipo residenziale che di tipo produttivo, a differenza di quanto accaduto nella parte meridionale.