

**BASSANINI: IO, S
CONTRO I BUROCRATI**

SESSO E AZIENDE / ECCO LE SPIE ANTIFLIRT

MEDICINA / I TEST INUTILI

IL MONDO

VENERDÌ 3 LUGLIO 1998 N. 27 L. 4.500

E' ora di cambiare **BANCA**

**NUOVI SERVIZI, CONTI SU MISURA,
VANTAGGI FISCALI: GUIDA ALLA SCELTA
DEL MIGLIOR PARTNER FINANZIARIO**



CON UN RAPPORTO ESCLUSIVO SULLE POLIZZE VITA CHE RENDONO DI PIÙ

RCS

912 - MILANO

02 - 76001111

02 - 76001111

avi

ARCHEOLOGIA/ NUOVI STRUMENTI PER LO STUDIO DEL PASSATO

ANTICHE CIVILTÀ IN PRIMA VISIONE

Satelliti che rivelano città sepolte dalla sabbia. Onde sismiche per individuare villaggi nascosti nel sottosuolo. E radar che penetrano negli oggetti. Adesso i ricercatori cominciano a scavare solo quando sanno che cosa troveranno

di Marta Cerù

Tredici studenti di archeologia australiani seguiranno i lavori di scavo del loro docente, Matthew Spriggs, su un'isola del Pacifico, senza muoversi dalla loro università, la Australian national university in Canberra. Saranno i primi a provare l'ebbrezza di una spedizione virtuale: con Internet parteciperanno alle lezioni di Spriggs, che giorno per giorno metterà a loro disposizione tutti i dati raccolti sul campo. Attraverso il satellite l'archeologo aggiornerà testo e immagini di un sito web con i risultati delle ricerche sul Mangaasi, l'area della ricerca nella sperduta isola Vanuatu delle Nuove Ebridi. Non essendoci elettricità, i dati saranno spediti con un telefono satellitare portatile collegato a un modem. Durante il giorno verrà sfruttata l'energia solare, mentre un generatore diesel rifornirà il sistema durante la notte.

Domande al computer. Certo la trasmissione sarà lenta, ma gli studenti potranno fare domande al computer, ed è la prima volta che viene ideato un sistema del genere, unendo le potenzialità di Internet a quelle dei satelliti. «Il progetto è sostenuto dalla compagnia di telecomunicazioni norvegese Telenor e, se avrà successo, in pochi anni e con satelliti sempre più veloci la trasmissione dati sarà resa più facile, così come queste applicazioni», afferma il docente.

La notizia viene dal *Neo Scientist* e non è così improbabile, dato lo sviluppo delle tecnologie applicate all'archeologia. Negli ultimi anni, soprattutto negli Stati Uniti o in Inghilterra, le facoltà di archeologia si sono dotate di laboratori scientifici, chiamati Remote sensing center, come quello del-

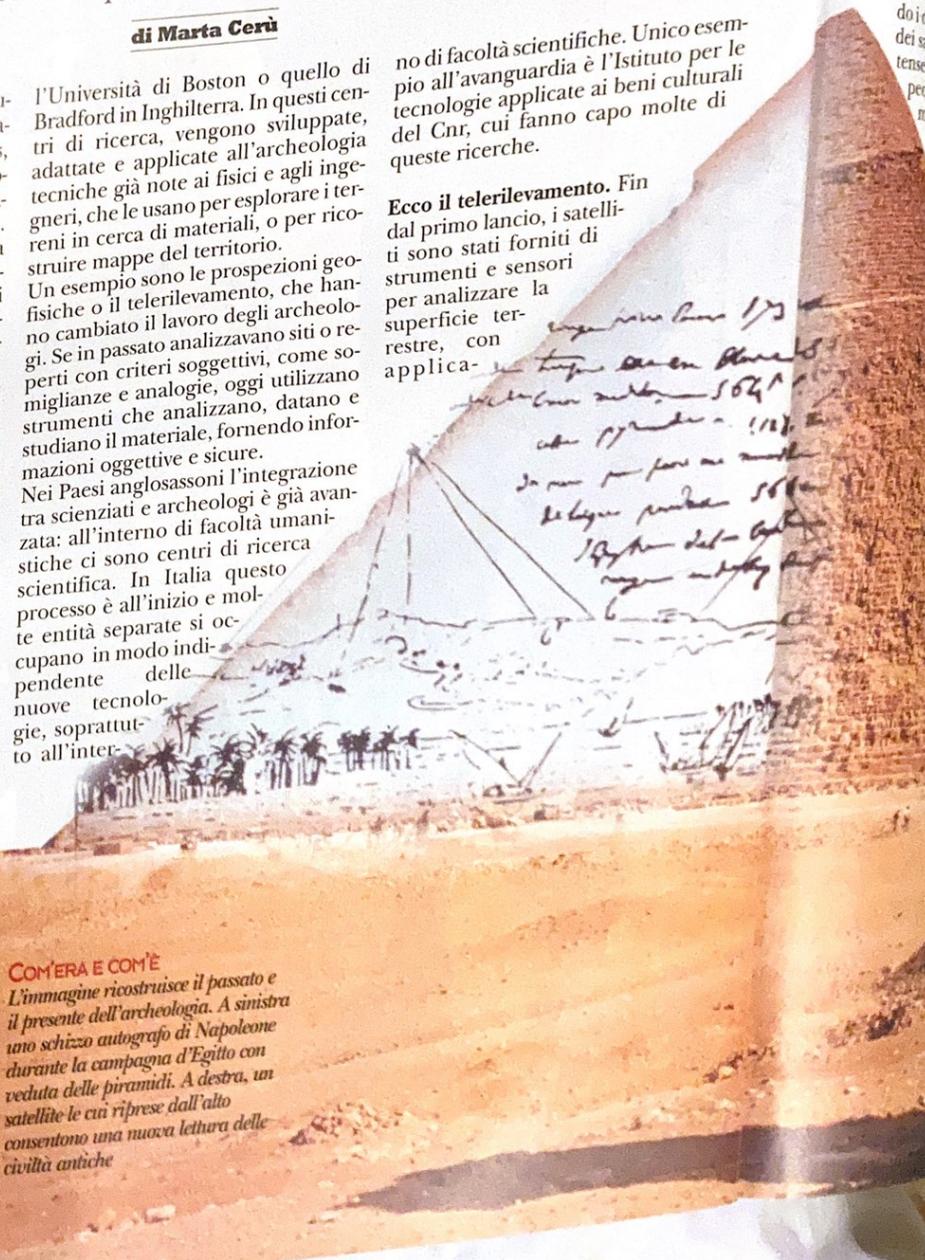
l'Università di Boston o quello di Bradford in Inghilterra. In questi centri di ricerca, vengono sviluppate, adattate e applicate all'archeologia tecniche già note ai fisici e agli ingegneri, che le usano per esplorare i terreni in cerca di materiali, o per ricostruire mappe del territorio. Un esempio sono le prospezioni geofisiche o il telerilevamento, che hanno cambiato il lavoro degli archeologi. Se in passato analizzavano siti o reperti con criteri soggettivi, come somiglianze e analogie, oggi utilizzano strumenti che analizzano, datano e studiano il materiale, fornendo informazioni oggettive e sicure. Nei Paesi anglosassoni l'integrazione tra scienziati e archeologi è già avanzata: all'interno di facoltà umanistiche ci sono centri di ricerca scientifica. In Italia questo processo è all'inizio e molte entità separate si occupano in modo indipendente delle nuove tecnologie, soprattutto all'inter-

no di facoltà scientifiche. Unico esempio all'avanguardia è l'Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali del Cnr, cui fanno capo molte di queste ricerche.

Ecco il telerilevamento. Fin dal primo lancio, i satelliti sono stati forniti di strumenti e sensori per analizzare la superficie terrestre, con applica-

COM'ERA E COM'È

L'immagine ricostruisce il passato e il presente dell'archeologia. A sinistra uno schizzo autografo di Napoleone durante la campagna d'Egitto con veduta delle piramidi. A destra, un satellite le cui riprese dall'alto consentono una nuova lettura delle civiltà antiche



zioni anche all'archeologia. Il telerilevamento, cioè l'acquisizione di informazioni sull'ambiente, è infatti essenziale per le indagini preliminari di un territorio, alla ricerca di luoghi adatti all'insediamento umano. La presenza e la distribuzione di siti archeologici dipendono da una serie di caratteristiche ambientali: morfologia del territorio, tipo di suolo, presenza dell'acqua, copertura vegetale, condizioni climatiche.

Effetto satellite. Negli ultimi dieci anni sono stati sviluppati modelli che spiegano i siti noti, e ne prevedono di nuovi. Ciò è stato possibile integrando i dati ottenuti dal suolo con quelli dei satelliti, come il Landsat statunitense, lo Spot francese o l'Ers-1 europeo. Questi forniscono periodicamente informazioni su vasti territori grazie a particolari sensori ottici, termici o radar, come il Thematic mapper sul Landsat, o il Sar su Ers-1, sensibile alla rugosità del suolo. Il risultato delle osservazioni satellitari è un'analisi dell'ambiente alla quale deve

seguire una campagna superficiale di rilevamento per individuare resti e indizi della presenza umana necessari per avviare uno studio più approfondito.

Un esempio famoso riguarda la scoperta della misteriosa città di Ubar, nel deserto arabo di Ar Rub'al-Khali, conosciuta come la leggendaria «Città delle colonne» descritta nel Corano. Le immagini restituite dallo Shuttle e da un satellite Landsat avevano mostrato anni fa una strana struttura a raggiera: una serie di linee convergenti in una zona del deserto in osservazione. I ricercatori ipotizzarono la presenza di strutture archeologiche e sulla base di questi dati si organizzarono spedizioni nel 1990 e nel 1991. Con scavi mirati si identificò la forma di una città sepolta.

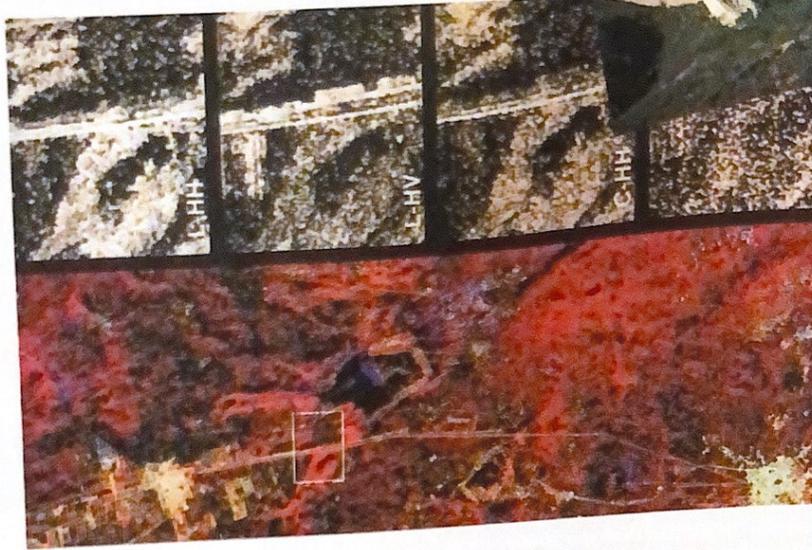
Prima di scavare. Individuato un sito di particolare interesse archeologico, prima di scavare è essenziale la prospezione geofisica. Ci sono due tipi di approccio: quello passivo e quello attivo, ma entrambi misurano variazioni di parametri geofisici legati al suolo, per registrare eventuali anomalie. In modo passivo si possono esaminare le variazioni del campo elettrico o gravitazionale del terreno.

I gravimetri misurano le variazioni del campo di gravità e permettono di scoprire se nel sottosuolo c'è una massa di densità diversa dal terreno circostante: una struttura architettonica o una cavità o un reperto.

Gli elettrodi misurano il campo elettrico: eventuali corpi estranei nel

terreno fanno registrare anomalie alla strumentazione. La magnetometria indaga la variazione del campo magnetico locale ed è la tecnica preliminarmente più utilizzata per investigare superfici vaste in tempi brevi e individuare nel terreno mattoni, laterizi e ceramiche di cotto o resti di metallo, che verranno rivelati come anomalie nella misura del campo magnetico. Proprio grazie a un potente magne-





MA LE MURAGLIE ERANO DUE La costruzione cinese vista dal satellite è una sottile riga gialla. In bianco e nero l'ingrandimento del quadrato bianco. Nelle prime due foto di sinistra la linea continua è del muro più giovane, di 600 anni fa. E subito sopra quello più antico, di 1500 anni fa

tometro, il geofisico americano Sheldon Breiner è riuscito a individuare numerosi tesori della misteriosa civiltà Olmeca nel villaggio messicano Cruz de Milagro. Con metodi attivi, invece, viene generato artificialmente un campo elettrico o sismico e se ne registrano tut-

te le variazioni. Il campo si propaga nel terreno sotto forma di onde che, passando da un mezzo all'altro, vengono riflesse o rifratte, cioè in parte tornano indietro e in parte procedono deviate se incontrano una struttura estranea al terreno. Le onde sismiche possono essere ge-

- Landsat. I satelliti degli anni Settanta misuravano le radiazioni riflesse dai materiali in quattro bande dello spettro elettromagnetico e le trasmettevano a terra

- A partire dal Landsat 4, negli anni Ottanta, le bande dello spettro diventano sette e le immagini inviate dai satelliti sulla terra sono più precise

- Satelliti Spot sono dotati di un sistema di rilevamento a ottiche orientabili per consentire la visione in stereo e la registrazione tridimensionale

- Radar. Gli strumenti trasmettono microonde verso la superficie della terra e registrano gli echi. Le differenze di lunghezza d'onda formano l'immagine

- Corona. Le immagini classificate dei satelliti spia Usa riprese fino al 1972 sono state aperte al pubblico. Sono in bianco e nero, ma hanno risoluzioni di un metro di superficie

nerate facendo cadere da una certa altezza un peso su un piatto metallico inserito nel terreno, o con una microcarica di dinamite, anche se queste tecniche in campo archeologico possono diventare distruttive, quindi vanno usate con molta cautela. Tra le tecniche impulsive, come ven-



PORTATILI I sistemi di rilevamento diventano portatili. L'archeologa Anna Roosevelt (nelle foto) del Field museum di Chicago ha così ricostruito in un modellino la natura preistorica dei monticelli rilevati alla foce del Rio delle Amazzoni

- Elettromagnetico. Misura le differenze delle proprietà elettriche e magnetiche tra la superficie e il suolo sottostante. Così rileva rocce o edifici sepolti fino a 6 metri di profondità

- Gpr o Ground penetrating radar. Radar a bassa frequenza capace di vedere nel terreno. Genera microonde che viaggiano fino a 10 metri di profondità. L'eco rimandato dalle strutture sotterranee e la velocità di ritorno forniscono informazioni

- Magnetometri. Identificano oggetti con magnetismo diverso dal suolo circostante. E registrano queste differenze

- Sistemi di Resistività. Questi strumenti inseriscono nel terreno elettrodi e misurano la differenza in potenziale elettrico fra di essi

- Strumenti sismici registrano le vibrazioni dei terremoti. Ma sono sensibili anche alle onde artificiali create nel terreno. L'eco viene registrato

gono chiamati molti dei metodi attivi, quella più funzionale è il Georadar. Il Ground penetrating radar (Gpr) si basa sulla propagazione nel suolo, e la successiva ricezione di impulsi elettromagnetici. La strumentazione tipica è formata da un gruppo centrale

di alimentazione e due antenne, una emette il segnale e l'altra lo riceve dopo che è stato riflesso.

Il cervello dell'acquisizione è un computer portatile che visualizza su un diagramma il tempo impiegato dal segnale nel suo percorso, in funzione

della posizione dalla quale si effettuano le misure. E ricostruisce mappe verticali che individuano cavità o strutture architettoniche.

Le misure vengono prese costruendo una griglia della zona da analizzare e procedendo lungo profili rettilinei. Si ottiene così una matrice di dati sul volume sotterraneo, che vengono riportati su un grafico orizzontale. Le immagini colorate restituite da questo tipo di misure evidenziano le zone dove potrebbero essere strutture di interesse.

La geoelettrica invece manda una corrente elettrica costante nel terreno e registra il corrispondente potenziale con due elettrodi: sarà distorto se ci sono strutture o cavità perché la resistività e quindi la conducibilità elettrica dipendono dai materiali.

Integrazione. L'ideale è utilizzare più di un metodo. «Con l'esperienza acquisita nelle varie tecnologie, ci siamo accorti che non sempre un singolo metodo è sufficiente a dare un'informazione esauriente sul sito», spiega Salvatore Piro, primo ricercatore dell'Istituto tecnologie applicate ai beni culturali del Cnr di Roma.

«Infatti le strutture sotterranee non influenzano in modo equivalente tutte le grandezze di interesse. E più se ne osservano, più aumenta il dettaglio dell'interpretazione e diminuisce l'incertezza». Se il terreno contiene acqua, il metodo magnetico è più esatto di quello elettrico.

Nei siti urbani è più utile il Gpr, che riconosce strutture archeologiche anche in mezzo a condotti e tubazioni sotto l'asfalto. La magnetometria invece è disturbata dai segnali elettrici e magnetici della città. Qui è il radar a consentire prospezioni all'interno di edifici o sulle superfici, per determinare la presenza di strutture inglobate, o valutare lo stato di conservazione di quelle presenti e visibili.

Una caratteristica importante del Gpr è la sua notevole versatilità: permette infatti di fare misurazioni fino a circa 30-40 metri di profondità, o in superficie per analizzare affreschi o piccole strutture. Tutto dipende dalla frequenza degli impulsi. Una bassa frequenza corrisponde a grandi lunghezze d'onda, utili per misurazioni in profondità, mentre alte frequenze e quindi lunghezze d'onda brevi servono per individuare i piccoli oggetti e le superfici.

SCOPERTE IN ITALIA

SOTTO LA BASILICATA MOLTE SORPRESE

Una vasta zona della Basilicata, tra i fiumi Basento e Agri, è diventata area di sperimentazione per gli scienziati del Cnr (Consiglio nazionale delle ricerche) degli Istituti Iroc Carrara di Firenze e Csite di Bologna.

«È un progetto finalizzato che ha l'obiettivo di sviluppare e perfezionare un metodo predittivo per individuare siti archeologici, integrando immagini acquisite da

satellite e dati cartografici», spiega Roberto Carlà, ingegnere dell'Istituto di ricerca sulle onde elettromagnetiche Nello Carrara.

La zona è nota per essere stata occupata dal Paleolitico all'Età romana, ma si conoscono pochi siti e non c'è un quadro completo della storia del territorio. L'elaborazione delle informazioni, ricavate da varie fonti, ha portato a una serie di mappe tematiche.

Queste sono state analizzate con un modello statistico, assieme ai dati provenienti dai satelliti Landsat, Spot, Ers-1 e da fotografie aeree, opportunamente elaborati. Sono state così identificate le aree di potenziale presenza di insediamenti che, sottoposte a controlli al suolo, hanno permesso di definire una mappa di oltre 60 nuovi siti archeologici della zona. Tutti ancora da studiare.

FIUME La striscia bianca in mezzo alla foto è un wadi, un fiume che si forma con le piogge

VIE Le strie rosse, i sentieri utilizzati da migliaia di anni, si intersecano al centro, dove c'è Ubar

DUNE In magenta le dune. Le aree verdi sono le rocce che formano lo strato sotto il deserto

La penisola arabica fotografata dallo shuttle Endeavour a maggiore ingrandimento (50 x 85 chilometri) rivela la città di Ubar

