

Analisi di immagini ASTER e QuickBird per lo studio geo-archeologico del Jebel Uweinat (Libia Meridionale).

*Immordino F., **Laberio Minozzi S., ***Menardi Noguera A.

*ENEA - Laboratorio Telerilevamento e GIS, Bologna, immo@bologna.enea.it

** Mehari Team – Padova, laberio@sahara.it

*** ENI - S. Donato Milanese - Milano, alessandro.menardi.noguera@eni.it

Riassunto

E' stata eseguita una spedizione nel sud del Deserto Libico al fine di caratterizzare dal punto di vista geo-archeologico l'area del Jebel Uweinat (Libia meridionale); l'area di studio presenta delle emergenze morfologie desertiche ed archeologiche di estremo interesse. Mediante lo studio delle immagini ASTER sono state definite le caratteristiche geomorfologiche generali. I dettagli e i percorsi delle escursioni eseguite sono stati pianificati con l'ausilio di immagini multispettrali QuickBird; queste hanno permesso uno studio molto dettagliato delle morfologie desertiche presenti nello Uweinat e la mappatura dei siti archeologici rinvenuti.

Abstract

The elevated region of the SW Libyan sector of the Jebel Uweinat massif, the Emeri Highland, is featured by a very rough and complicated morphology resulting from the different erosion process that acted over the varied igneous lithologies of the Uweinat Ring Complex during the Pliocene and Quaternary climatic cycles. Fluvial morphologies developed under the influence of a rainy climate are well evident throughout the massif; during the Holocene humid phase, lasted from the sixth to the third millennium BC, neolithic peoples settled in the region leaving one of the most important concentration of rock art sites of the entire Sahara. To explore for new rock art sites on the Emeri Highland, accessible only on foot by experienced hikers, a study of satellite multispectral imagery (ASTER and QuickBird) was carried out.

Telerilevamento e Geo-archeologia

La relazione tra archeologia e telerilevamento ha cominciato a consolidarsi e articolarsi in modo più preciso negli ultimi anni con la diffusione dei nuovi *sensori*, complementari da un punto di vista spettrale alle classiche fotografie aeree, la cui disponibilità allarga in modo significativo il numero delle vie d'investigazione; tuttavia è intervenuta anche una evoluzione della riflessione scientifica per quanto riguarda l'interesse degli archeologi sulle testimonianze del passato.

Questi interessi non si esprimono soltanto nell'identificazione e descrizione del "sito archeologico" da studiare singolarmente, ma piuttosto nell'analisi e comprensione dello stesso in rapporto con il suo contesto fisico, cioè inserito in una situazione paleo-ambientale talora molto diversa dal presente. Perciò in questo ambito si è visto affermarsi un indirizzo geo-archeologico che esprime sempre più l'attenzione degli studiosi verso l'*ambiente naturale* (inteso come supporto di ogni insediamento e contenitore delle testimonianze del passato), la sua evoluzione nel tempo e la sua influenza sui modelli di popolamento antichi.

Il trattamento e l'interpretazione dei dati ripresi da satellite mira a "ricostruire" in grande misura una situazione paleo-ambientale attraverso l'identificazione di paleo-forme e più in generale attraverso l'analisi dell'evoluzione geomorfologica delle forme del paesaggio (fluviale, lacustre, marino, eolico). Le principali informazioni a scopo archeologico deducibili da immagini spaziali possono essere riunite in tre tipologie fondamentali: i) il livello della descrizione dei diversi

parametri paleo-ambientali e la loro evoluzione viene posta in rapporto con il tipo e la distribuzione areale/temporale degli antichi insediamenti; ii) l'identificazione e la descrizione diretta di grandi strutture e dipende dal potere di risoluzione spaziale e spettrale dei dati telerilevati; iii) i modelli di previsione che forniscono la probabilità d'esistenza di siti archeologici in una determinata zona, in base alla presenza di certe situazioni paleo-ambientali favorevoli e ai riconosciuti rapporti tra risorse e insediamenti analoghi già studiati.

Caratteri dell'area di studio

Il massiccio di Uweinat, per quanto sia chiamato *gebel*, si differenzia dagli altri rilievi del Sahara; la diversità si rileva sia per l'aspetto morfologico in rapporto alla diversa e varia litologia, sia per la maggiore estensione e l'energia del rilievo.

Per i suoi caratteri strutturali e morfologici, il Jebel Uweinat appare come “*un'isola immersa in un gran mare di sabbia*”, così lo descrive il Monterin nella narrativa della spedizione da lui diretta per conto della Reale Società Geografica Italiana nel 1934.

Interpretazione delle immagini satellitari ASTER e QuickBird

Caratteri morfo-litologici.

La litologia è rappresentata da rocce metamorfiche ed intrusive precambriane, in un limitato settore al bordo meridionale del massiccio ad est di Ain Doua, e per la maggior estensione del settore libico del massiccio da una varietà di rocce intrusive e sub-intrusive di età eocenica (Shandelmaier and Darbyshire, 1984) e da una successione di arenarie del Cambriano-Ordoviciano (Menchikoff, 1926; Kemal el Din, 1928; Desio, 1931; Atherton et al., 1978; Derek et al., 1978).

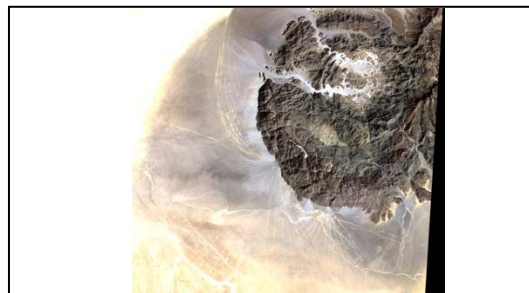


Fig. 1 – Immagine ASTER (RGB 321) – massiccio dello Uweinat: si osserva la superba struttura ad anelli concentrici (ring) e le differenti litologie intrusive e sub-intrusive. La struttura è circondata dalla pianura desertica (fra Libia, Sudan ed Egitto).

Il massiccio di Uweinat presenta una struttura ad anelli concentrici (Fig. 1) ha un perimetro di circa 200 km, un diametro est-ovest di circa 70 km e di 50 km su quello nord-est. Raggiunge un'altezza di quasi 1900 m e domina, con un dislivello di 1400 m, la pianura sabbiosa desertica circostante (fig. 2). La superficie di questa pianura, in rapporto alla particolare idrografia chiusa, è perfettamente livellata e continua ad innalzarsi per la continua sovrapposizione di nuovi materiali alluvionali, per cui non si verifica mai un graduale raccordo con i versanti del massiccio che appare come un'isola affiorante in un gran mare di sabbia (Monterin, 1934); questo si osserva, particolarmente, nella regione sud-occidentale, le cui catene granitiche presentano una complicata idrografia pseudo-carsica e sono tutte fratturate in enormi monoliti che, sotto l'azione della desquamazione sferoidale, sono ridotti in enormi blocchi arrotondati (mega-conglomerati) di decine di metri di diametro e sovrapposti gli uni su gli altri (Fig. 3 – 3a).

In questa regione dove attualmente le precipitazioni sono rarissime, la rete idrografica è ben sviluppata e complessa; eppure nel *pluviale*, corrispondente pressappoco al nostro *glaciale*, il Sahara godeva di un clima meno arido dell'attuale con piogge piuttosto regolari e con corsi d'acqua permanenti; la prova diretta è data dalle potenti alluvioni che si osservano nelle grandi valli di

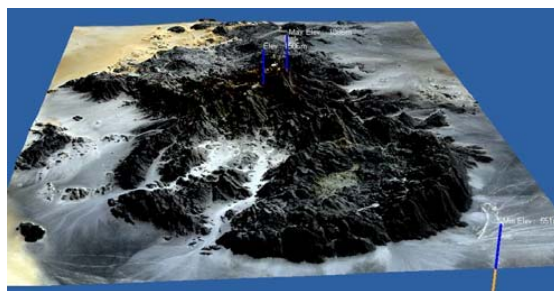


Fig. 2 – Immagine ASTER , visione 3D generata dalla sovrapposizione della scena satellitare sul DEM ASTER (grid: 15m): il massiccio di Uweinat presenta una struttura ad anelli concentrici; raggiunge un'altezza di quasi 1900 m e domina, con un dislivello di 1400 m, la pianura sabbiosa desertica circostante (550m. slm).



Fig. 3 – Karkur Rouzzi: gli affioramenti granitici presentano una complicata idrografia pseudo-carsica e sono tutti fratturati in enormi monoliti che, sotto l'azione della desquamazione sferoidale, risultano ridotti in enormi blocchi arrotondati (mega-conglomerati) di decine di metri di diametro e sovrapposti gli uni su gli altri (aprile 2006 - foto: M. Soffiantini).

questo massiccio e da strutture a marmitte scoperte da Monterin nella sua esplorazione del 1934. Altre prove sono date dai terrazzamenti relativamente recenti delle alluvioni e dalla levigatura fresca presentata dalle rocce presenti negli alvei torrentizi, la cui colorazione chiarissima si differenzia nettamente da quella scura che caratterizza le rocce soprastanti non raggiunte dalle acque.

L'alterazione dei differenti litotipi del *ring complex* di Uweinat ha creato una varietà di paesaggi e l'erosione differenziale ha generato una serie di larghe valli con i fianchi detritici (fig. 4 - 5).

I fenomeni di alterazione delle rocce osservati, confermano sempre più che l'attuale evoluzione morfologica dei rilievi sahariani è essenzialmente imputata alla disaggregazione meccanica per insolazione e raffreddamento notturno con differenze termiche tra 55°-56° e 0° (fig. 6).

Rilievi in situ e ubicazioni sulle immagini QuickBird

Le immagini satellitari QuickBird hanno permesso di definire con precisione gli itinerari della spedizione (fig. 7), scegliendo i percorsi più idonei da percorrere coi fuoristrada ed i tratti da superare a piedi, nonché le ubicazioni migliori dal punto di vista logistico per i bivacchi.

Grazie all'elevata risoluzione delle scene satellitari è stato possibile definire i caratteri morfologici delle varie aree di studio selezionate per l'esplorazione; sono stati caratterizzati e distinti i siti costituiti da litologie granitiche, da quelli metamorfico-detritici.

Evidenze archeologiche

Da molti anni la zona è completamente disabitata, ma in passato dopo ogni periodo di pioggia, è certo che vi soggiornarono nuclei di *Tebu* (fig. 8) che qui conducevano al pascolo il loro bestiame ed i cammelli razzati nel Sudan (Monterin, 1934).

Anche in epoca preistorica, l'uomo dovette dimorare a lungo in queste zone, come è dimostrato dall'arte rupestre rinvenuta in numerosi ripari (fig. 9).

Nelle immagini QuickBird sono riportati i siti relativi alle “emergenze archeologiche” rinvenute e/o comunque riconosciute per interpretazione delle immagini satellitari (fig. 8) e validate dalle osservazioni in situ.



Fig. 3a – Scena QuickBird (RGB 432 - ris. 0,60 m): l’elevato dettaglio permette l’identificazione dei megaconglomerati granitici. Sono ben visibili i singoli blocchi con diametri variabili fra 5m e 20m. immagine a sinistra); foto a destra) si osservano le alterazioni di weathering e desquamazione superficiale (primo piano in basso) sui blocchi granitici (aprile 2006 - foto: S. Laberio Minozzi).

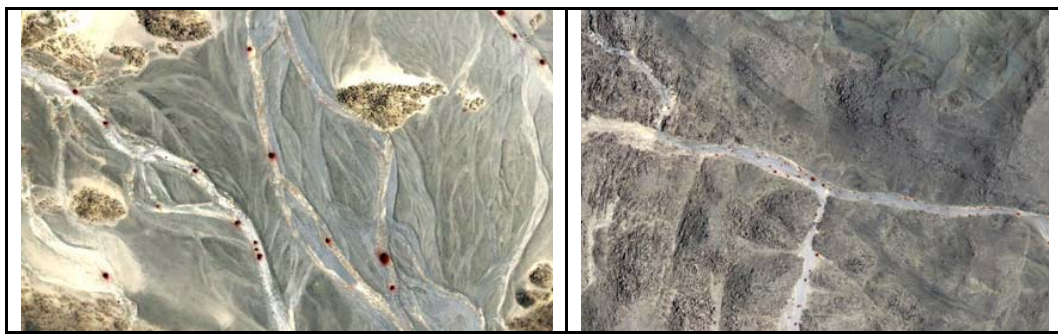


Fig. 4 e 5 – Immagine QuickBird (RGB 432) che mostra le vistose e potenti alluvioni (fig. 4: a destra); (fig. 5: a sinistra) le valli alluvionali si presentano con i fianchi prettamente detritici dovuta alla forte alterazione per *weathering*. Si nota la presenza di vegetazione lungo il corso dello uadi.



Fig. 6 – Fianchi detritici delle valli di Uweinat

Le prime osservazioni sull’arte rupestre preistorica del Jebel Uweinat sono merito di Ahmed Hassanein Bey (Hassanein, 1925) che nel 1923 raggiunse il massiccio e ne determinò scientificamente la posizione sulle carte geografiche. Alla prima segnalazione di pitture rupestri da parte del Principe Kemal el Dine nel 1924 (Kemal el Dine et Breuil, 1928) seguì la scoperta dei dipinti, nel settore libico, ad opera di Almasy (1936) e di Di Caporiacco (Caporiacco & Graziosi, 1934); da allora il Jebel Uweinat ha dimostrato di vantare una delle maggiori concentrazioni di arte rupestre preistorica dell’intero Sahara (Le Quellec et al., 2005; Zboray, 2005).

I siti di arte rupestre non sono unicamente ubicati nei fondovalle, più ricchi di risorse naturali, ma si

trovano distribuiti anche nei recessi rocciosi del plateau sommitale della montagna (Hassanein Plateau) e nel dedalo di gole e valli sospese che caratterizza l'Altopiano di Emeri (Menardi Noguera et al., 2005 e 2006). La maggior parte dell'arte rupestre documentata nel Jebel Uweinat è attribuita ai popoli neolitici di pastori che abitarono il Deserto Libico nel periodo compreso tra il IV ed il III millennio B.C. i cui siti di occupazione sono stati datati con metodi assoluti (Linstädter & Kröpelin, 2004). La spedizione dedicata all'Altopiano di Emeri ha permesso il rinvenimento dei primi siti in quota riferibili alla fase più antica delle pitture rupestri del Jebel Uweinat (Teste Rotonde di Uweinat).

Viene così confermata la nozione che il territorio del massiccio e le sue risorse sono state effettivamente utilizzate in modo molto più esteso di quanto fosse stato finora possibile pensare anche dai gruppi umani più antichi di cui è sopravvissuta una testimonianza nell'arte rupestre del Jebel Uweinat.

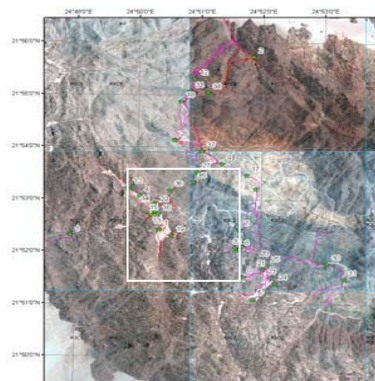


Fig. 7 – Immagine QuickBird (RGB 321, ris.: 0,60 m): sono stati sovrapposti i percorsi eseguiti ed i punti di rilievo geo-archeologico “in situ” (quadro bianco: fig 3 e 8).

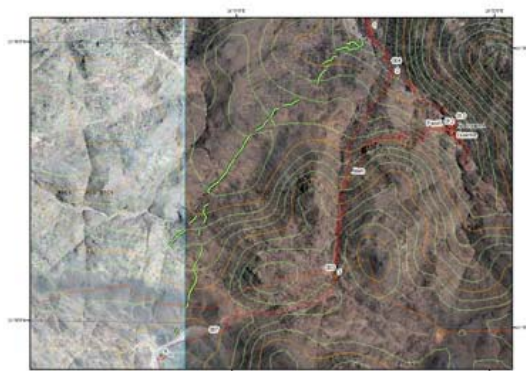


Fig. 8 - Immagine QuickBird: sono evidenziati i paleo-percorsi seguiti dai Tebu che in tempi storici conducevano al pascolo il loro bestiame seguendo antichissime vie di transumanza.



Fig. 9 – Pitture rupestri rinvenute in Uweinat che raffigurano forme animali: in epoca neolitica, l'uomo dovette dimorare a lungo in queste zone, come è dimostrato dai numerosi dipinti rupestri (foto A. Menardi Noguera).

Considerazioni

I dati ASTER associati a quelli ad altissima risoluzione QuickBird hanno permesso un rilievo geo-archeologico di dettaglio nell'area del Jebel Uweinat (Libia meridionale). Sono state identificate le strutture geomorfologiche dei vari ambienti esplorati ed è stato possibile mappare con estrema precisione i percorsi da effettuare durante la spedizione; il passo successivo è la realizzazione di una carta geomorfologica in scala 1:10000 alla quale il gruppo sta lavorando.

Rigraziamenti

Si ringrazia Telespazio s.p.a. per la fornitura delle immagini satellitari QuickBird e la sponsorizzazione nella spedizione

Bibliografia

- Atherton M.P., Lagha Salem and Deref F. (1978) – The geochemistry and petrology of the Jabal Archenu and Jabal "Awaynat Alkaline Ring Complexes of SE Libya" – In "The Geology of Libya", Second Symposium on the Geology of Libya, Held in Tripoli, september 16-21, 1978. Ed. M.J. Salem and M.T. Busrewil, Academic Press, 1980, 2599-2576.
- Derek F., Lagha Salem, Atherton M.P. and Cliff R.A. (1978) – The rock-forming minerals of the Jabal Arknu and Jabal "Awaybat Alkaline Ring Complexes of SE Libya." – In "The Geology of Libya", Second Symposium on the Geology of Libya, Held in Tripoli, september 16-21, 1978. Ed. M.J. Salem and M.T. Busrewil, Academic Press, 1980, 2541-2557.
- Desio A. (1931) – Missione scientifica della Reale Accademia d'Italia a Kufra – Vol. I, Roma.
- Monterin U. (1934) – Attraverso il deserto libico del Tibesti – L'Universo, pp. 803-843.
- Caporciacco (Di) L. e Graziosi P. (1934) – Le pitture rupestri di Ain Doua (El-Auenat). – Firenze: Centro di Studi Coloniali e Istituto Geografico Militare.
- Hassanein Bey A. M. (1925) – The Lost Oases – New York/London: Century.
- Le Quellec J., De Flers P. et De Flers P. (2005) – Peintures et gravures d'avant les pharaons du Sahara au Nil – Soleb Fayard: 377.
- Linstädter J. and Kröpelin S. (2004) – Wadi Bakht revisited: Holocene climate change and prehistoric occupation in the Gilf Kebir region of the Eastern Sahara, SW Egypt – Geoarchaeology, 19: 753-778.
- Menardi Noguera A., Carmignoto P., Laberio Minozzi S., Romanzi F., Tormena T. Schirato G. & Soffiantini M. (2005) – New rock art sites in the south-western sector of Jebel Uweinat (Libya) – Sahara Journal, History and Prehistory of Sahara, 16: 103-120.
- Menchikoff N. (1926) – Observations géologiques faites au cours de l'expédition de S.A.S. le Prince Kemal El dine Hussein dans le désert de Libye. – G.R.Ac.Sc., 183 :1047-9, Paris.
- Kemal el Din H. (1928) – L'exploration du désert de Libye. – La Geogr., 50: 83-171 e 36-320.
- Kemal el-Dine H. et Breuil H. (1928) – Les Gravures rupestres du Djebel Ouenat – Revue Scientifique Illustrée, 66, 4, 105-117.
- Shandelmaier H. and Darbyshire F. (1984) – Metamorphic and magmatic events in the Uweinat-Bir Safsaf Uplift (Western desert, Egypt) – Geologische Rundschau, 73/2: 819-831.