

2. il segnale filtrato in banda è orizzontalizzato rispetto a v_g .
3. Una volta che il segnale è orizzontalizzato si applica la QSVD.
4. Di questa scomposizione si tengono le prime due autoimmagini, che si considerano onda di Rayleigh.
5. Infine si riporta il segnale estratto alla sua pendenza originaria,
6. e si sommano i risultati per tutte le bande strette.

Il metodo di estrazione è basato sulle curve di dispersione ed è un metodo globale, cioè è applicato su un intero set di dati (shot gather).

In Fig. 5b è mostrato il risultato relativo a un dato sintetico, esso è confrontato con altri 2 metodi di estrazione.

Questo metodo di estrazione, sia tramite test su sintetici, che sperimentato su un'acquisizione terrestre, ha mostrato di ottenere una buona discriminazione delle onde di Rayleigh. In particolare, poiché il metodo è modale, esso può essere usato specialmente per estrarre il modo fondamentale (o il più energetico) delle onde di Rayleigh.

Bibliografia

- LeBihan N, Mars, J., 2004: Singular value decomposition of quaternion matrices: a new tool for vector-sensor signal processing. *Signal Processing*, 84:1177-1199.
- Muller, G., 2007: Theory of elastic waves. Weber, Rumpker, Gajewski. Germany.
- Proakis, J. G., 2007: Digital Signal Processing. Paerson International Edition.
- Menanno, G.M., 2005: Sviluppo di tecniche basate sulla svd per la separazione di onde polarizzate su registrazioni sismiche multicomponente, Master's thesis, Università degli Studi di Milano.
- Clairbout, J., 2004: Earth Sounding Analysis: Processing versus Inversion. Stanford University.
- Lee, B., 1991: Stereo Matching of Skull Landmarks. Ph.D. Thesis, Stanford University.
- Zhang, F., 1997: Quaternions and matrices of quaternions. *Linear Algebra and its Applications*, 251:21-57.
- Grandi, A., Mazzotti, A., Stucchi, E., 2007: Multicomponent velocity analysis with quaternions. *Geophysical Prospecting*, 55, 761-777.
- Flinn, E. A., 1965: Signal analysis using rectilinearity and direction of particle motion. *IEEE Proc.*, 12, 1874-1876.

GOCE-ITALY: UN PROGETTO DELL'AGENZIA SPAZIALE ITALIANA PER APPLICAZIONI GEOFISICHE NELL'AREA DEL MEDITERRANEO BASATE SUI DATI DELLA MISSIONE SPAZIALE GOCE

F. Sansò¹, A. Gatti¹, M. Reguzzoni¹, D. Sampietro¹, R. Sabadini², V.R. Barletta², A. Bordonì², C. Braitenberg³, P. Mariani³, P.-M. Poulain⁴, E. Mauri⁴, S. Casotto⁵, F. Panzetta⁵, F. Solitro⁶, E. Fontan⁶, M. Torello⁶, M. Fermi⁷, M. Chersich⁷, M. Osmo⁷, G. Bianco⁸

1 *DIAR, Politecnico di Milano, Polo Regionale di Como*

2 *Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano*

3 *Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Trieste*

4 *Dipartimento di Oceanografia, OGS, Trieste*

5 *Dipartimento di Astronomia, Università degli Studi di Padova*

6 *Advanced Logistics Technology Engineering Center (ALTEC), Torino*

7 *Galileian Plus, Roma*

8 *Centro di Geodesia Spaziale, ASI, Matera*

Introduzione. GOCE-ITALY è un progetto di ricerca della Comunità Scientifica Italiana, sostenuto dall'Agencia Spaziale Italiana (ASI), che sfrutta le potenzialità dei dati GOCE (ESA, 1999) per studiare fenomeni geofisici a scala locale e regionale (in particolare l'area di studio scelta è la zona del Mediterraneo). Le problematiche trattate si basano su diversi ambiti applicativi (vedi Fig. 1), su cui sono impegnate varie unità di lavoro (di ricerca ed amministrativo). In particolare, responsabile del coordinamento scientifico all'interno del gruppo è il Politecnico di Milano, che oltre a occuparsi di alcuni problemi di ricerca nell'ambito della geodesia si cura anche dell'amministrazione

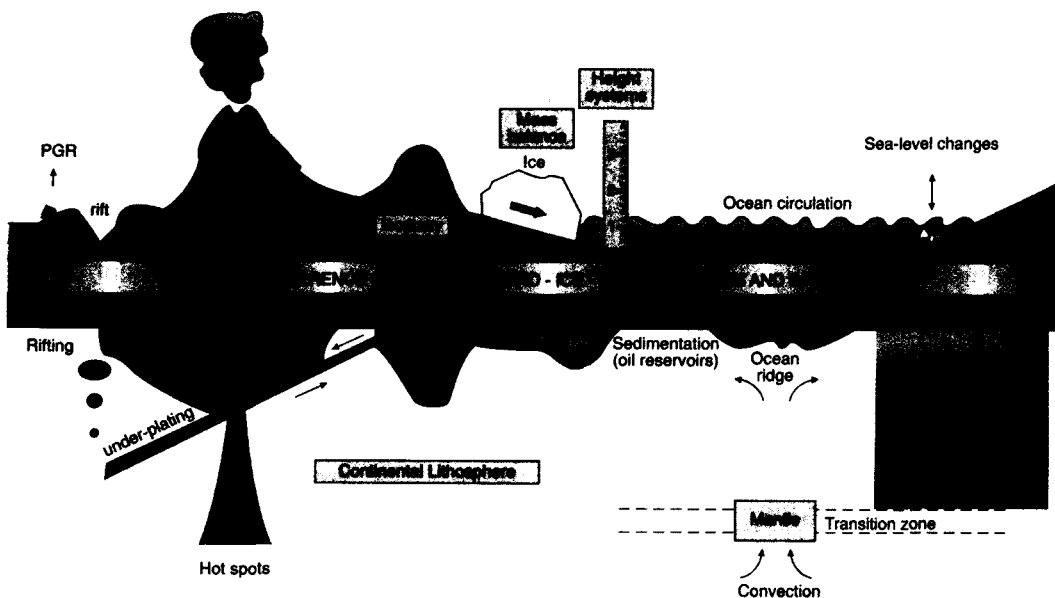


Fig. 1 – Rappresentazione degli obiettivi, relativi alla conoscenza del sistema Terra, cui si mira attraverso l’interpretazione dei dati GOCE.

ne con il supporto di Galileian Plus. Quest’ultima organizza il sito web per la comunicazione interna mentre la comunicazione esterna del progetto è affidata ad ALTEC. Per dettagli, vedi <http://www.goceitaly.asi.it>.

Ambiti applicativi. Il primo ambito applicativo del progetto GOCE-ITALY è quello della geodesia. In particolare il Politecnico di Milano ha un protocollo con NGA (National Geospatial-Intelligence Agency, U.S.A.) per combinare il modello globale EGM08 (Pavlis et al., 2008) con il modello space-wise (Migliaccio et al., 2004) derivato da dati GOCE. Tale compito richiede non solo lo studio di problemi numerici legati all’enorme mole di dati da gestire, ma anche la soluzione del problema teorico della combinazione ottimale dei due modelli (Reguzzoni & Sansò, 2010). In particolare va sottolineato che il campo stimato da GOCE dovrebbe essere in grado di correggere le distorsioni a bassa frequenza, introdotte in EGM08 dalla disomogeneità dei dati a terra. Inoltre la combinazione di dati GOCE con dati gravimetrici locali può portare a miglioramenti, sia in risoluzione che in accuratezza, anche per modelli di geoidi locali (ad esempio il geoidi sulle Alpi o nel Mediterraneo).

Il secondo argomento trattato all’interno del progetto è quello della Geofisica della Terra Solida, di cui è responsabile l’Università di Milano: i dati relativi al campo gravitazionale infatti permetteranno di svelare complesse interazioni tra diversi sottosistemi del sistema Terra, in particolare tra i sottosistemi Terra Solida, Criosfera ed Idrosfera (Barletta et al., 2010). La segnatura gravitazionale del terremoto di Sumatra e del rimbalzo post-glaciale (PGR), dimostrano ad esempio l’importanza delle missioni di gravità per lo studio di questi fenomeni (Barletta & Bordoni, 2009). Per quanto riguarda quest’ambito gli obiettivi da realizzare all’interno del progetto sono:

- lo studio della distribuzione di massa e delle sue variazioni all’interno di ciascun sottosistema.
- la realizzazione di un modello di riferimento per il PGR, che permetterebbe di determinare alcune proprietà fisiche dell’interno della Terra e in particolare la viscosità del mantello.
- la combinazione di osservazioni GPS (in Fennoscandia e nella regione Alpina) e delle serie storiche del livello del mare con i dati GOCE e GRACE. Questo permetterebbe di vincolare i processi geofisici (PGR e instabilità della massa glaciale nelle Alpi) responsabili delle anomalie di gra-

vità osservate da GOCE e GRACE nelle due regioni in esame.

- avanzamento della conoscenza nel campo della pericolosità sismica riconducibile alla tettonica attiva. Infatti, dalle osservazioni GOCE si prevede di ottenere importanti informazioni in regioni della crosta terrestre soggette a forti deformazioni, in grado di provocare variazioni di gravità per spostamenti di grandi masse di crosta terrestre (come avvenuto per il terremoto di Sumatra del 2004 o del Cile del 2010). Tali variazioni di gravità, integrate con misure di deformazioni ottenibili da GPS, forniscono informazioni fondamentali sulle modalità con cui si accumula lo sforzo nella crosta terrestre nella fase pre-sismica di terremoti di magnitudo elevata.

Il terzo ambito di ricerca è quello della geologia: nell'ambito del progetto GOCE-ITALY, l'Università di Trieste è responsabile dello sfruttamento dei dati GOCE per l'individuazione di strutture geologiche ignote (per esempio perché difficilmente accessibili o remote) oppure nascoste da coperture superficiali, quali i sedimenti.

Oltre al Mediterraneo, saranno oggetto di studio i grandi bacini sedimentari del Nord Africa e del Sud America. La presenza di larghe province magmatiche provoca un segnale ben individuabile grazie ai forti contrasti di densità fra i sedimenti leggeri e le rocce magmatiche dense. Si vorrà individuare il legame genetico fra i bacini sedimentari e gli addensamenti intracrostali associati al vulcanismo. Primi studi di sensitività hanno dimostrato che le osservazioni gradiometriche di GOCE possono contribuire a una migliore definizione delle variazioni di spessore e della densità crostale (Braitenberg et al., 2010), specialmente in aree prive di osservazioni terrestri pubbliche come ad esempio in Nord Africa.

Il quarto ambito analizzato è quello dell'oceanografia di cui è responsabile OGS. I dati di GOCE infatti, congiuntamente all'osservazione dell'altezza del livello del mare misurata da altimetri satellitari, permetteranno una stima migliore delle correnti geostrofiche del Mare Mediterraneo. Queste correnti, assieme ad altre osservazioni oceanografiche in situ e dati di vento saranno usate per studiare le strutture spaziali e le variazioni temporali della circolazione del Mediterraneo e per stimare i trasporti di massa, calore e sale in determinati canali. Obiettivi più specifici all'interno del progetto GOCE-ITALY per la parte oceanografica sono:

- la stima della corrente geostrofica dai dati di galleggianti di superficie (drifter) rimuovendo l'effetto del vento;
- la stima della corrente geostrofica sottosuperficiale (350 m) dai galleggianti Argos (float);
- la stima della topografia media sintetica (SMDT) del Mediterraneo (Rio et al., 2007) usando dati di altimetria satellitare, osservazioni derivanti da drifter e float;
- lo studio del geoide del Mediterraneo determinato da GOCE, della topografia dinamica e delle correnti geostrofiche usando i dati di altimetria satellitare;
- il confronto tra il geoide GOCE e SMDT, ed eventualmente l'unione dei due per ottenere la migliore circolazione geostrofica nel Mediterraneo;
- lo studio della variabilità spazio temporale della circolazione del Mediterraneo (geostrofica e indotta dal vento con particolare attenzione ai mari italiani e alle aree costiere).
- la stima del trasporto di massa, calore e sale in canali selezionati del Mediterraneo (Sicilia, Corsica e Otranto).

Il quinto ambito di ricerca, di cui è responsabile l'Università di Padova, prevede la determinazione orbitale precisa di GOCE (POD) e l'affinamento del modello di marea oceanica. L'accuratezza della determinazione dell'orbita di GOCE si prevede sia dell'ordine di 10-20 mm, un risultato finora mai raggiunto per un satellite in orbita così bassa. Questo permetterà un aumento di sensibilità del processo di determinazione orbitale (Tapley et al., 2004) per le piccole perturbazioni che sono generate dal movimento delle masse d'acqua causato dalle maree oceaniche (Casotto, 1991; Cheng et al., 1995). L'inversione dei dati di tracciamento orbitale e delle misure di gradiometria renderà quindi possibile la stima di una serie di parametri che descrivono l'altezza di marea oceanica come funzione del luogo geografico e del tempo (Munk & Cartwright, 1966; Groves & Reynolds, 1975), ottenendo come risultato un affinamento degli attuali modelli mareali. La sensi-

bilità della soluzione verrà migliorata anche grazie all'utilizzo delle misure di distanza e velocità relativa tra i due satellite della missione GRACE.

L'ultimo ambito applicativo, sotto la responsabilità di ALTEC, prevede l'utilizzo di dati GOCE per derivare su specifiche aree modelli di geoidi locali raffinati, come dimostrato da precedenti simulazioni (Barzaghi et al., 2007). Tali modelli verranno utilizzati soprattutto per applicazioni civili e di sicurezza del territorio.

Attualmente GOCE-ITALY inizia a produrre i primi risultati parziali, tenendo conto che finora sono disponibili solo due mesi di dati della missione.

Bibliografia

Barletta V.R., Bordoni A.; 2009: Clearing observed PGR in GRACE data aimed at global viscosity inversion: Weighted Mass Trends technique, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L02305, doi:10.1029/2008GL036429.

Barletta V.R., Bordoni A., Sabadini R.; 2010: Squeezing more information out of Time Variable Gravity data: a global screening tool and a validation test for global hydrology models. Inviato a *Global and Planetary Change*.

Barzaghi R., Conte R., Falletti G., Maggi A., Martino M., Migliaccio F., Reguzzoni M., Sansò F., Solitro F., Tselfes N.; 2007: Exploitation of GOCE data for a local estimate of gravity field and geoid in the Piemonte area (northern Italy). *Atti del 3rd International GOCE User Workshop*, 6-8 Novembre 2006, Frascati, Rome, Italy, pp. 183-190.

Braitenberg C., Mariani P., Reguzzoni M., Ussami N.; 2010: GOCE observations for detecting unknown tectonic features. *Atti del ESA Living Planet Symposium 2010*, 27 Giugno - 2 Luglio 2010, Bergen, Norvegia. In stampa.

Casotto, S.; 1991: Spectral decomposition of geopotential, Earth and ocean tidal perturbations in linear satellite theory, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 50, 125-141.

Cheng M.K., Tapley B.D., Casotto S.; 1995: A new method for computing the spectrum of the gravitational perturbations on satellite orbits, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 62, 117-143.

ESA; 1999: Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Mission. ESA SP-1233 (1). ESA Publication Division, c/o ESTEC, Noordwijk, Olanda.

Groves G.W., Reynolds R.W.; 1975: An orthogonalized convolution method of tide prediction, *Journal of Geophysical Research*, 80(30), 4131-4138.

Migliaccio F., Reguzzoni M., Sansò F.; 2004: Space-wise approach to satellite gravity field determination in the presence of coloured noise. *Journal of Geodesy*, Vol. 78, N. 4-5, pp. 304-313.

Munk W.H., Cartwright D.E.; 1966: Tidal spectroscopy and prediction, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Ser. A, 259(1105), 533-581.

Pavlis N.K., Holmes S.A., Kenyon S.C., Factor J.K.; 2008: An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008. Presentato a EGU 2008 General Assembly, 13-18 Aprile 2008, Vienna, Austria.

Reguzzoni M., Sansò F.; 2010: On the combination of ground based and satellite only global gravity models. Inviato al *Journal of Geodesy*.

Rio, M.-H., Poulain P.-M., Pascual A., Mauri E., Larnicol G., Santoleri R.; 2007: A Mean Dynamic Topography of the Mediterranean Sea computed from altimetric data, in-situ measurements and a general circulation model. *Journal of Marine Systems*, 65, 484-508.

Tapley B.D., Schutz B.E., Born G.H.; 2004: *Statistical Orbit Determination*, Elsevier Academic Press.

GRAVITY MEASUREMENTS WITH ATOM INTERFEROMETRY

F. Sorrentino^{1,2}, L. Cacciapuoti³, M. de Angelis², A. Giorgini¹, Y.-H. Lien¹, M. Prevedelli⁴, G. Rosi¹, G.M. Tino¹

- 1 Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze & INFN Sezione di Firenze, Sesto Fiorentino (FI), Italy
- 2 Istituto di Cibernetica, CNR, Pozzuoli (NA), Italy
- 3 ESA Reserch and Scientific Support Department, ESTEC, Noordwijk ZH, The Netherlands
- 4 Dipartimento di Chimica Fisica ed Inorganica Università di Bologna, Italy

Atom interferometry represents a promising technology for environmental gravity monitoring (de Angelis et al., 2009). Matter-wave interferometry has recently led to the development of new techniques for the measurement of inertial forces, finding important applications both in fundamental physics and in applied research. The remarkable stability and accuracy that atom interferometers have reached for acceleration measurements can play a crucial role for gravimetry. Atom interferometry is used for precise measurements of gravity acceleration (Peters et al., 1999), Earth's gravity gradient (McGuirk et al., 2002; Lamporesi et al., 2008) and rotations (Gustavson et al., 2000). Accelerometers based on atom interferometry have been developed for many practical applications