

Correzioni gravimetriche per la rete di livellazione geometrica italiana: stato dell'arte e l'esempio della Provincia di Trento

Riccardo Barzaghi (*), Barbara Betti (*), Dino Buffoni (**), Daniela Carrion (*),
Renzo Maseroli (***), Roberto Revolti (**), Giovanna Venuti (*), Alfonso Vitti (****)

(*) DICA - Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci, 32, 20133 Milano

(**) Servizio Catasto - Provincia Autonoma di Trento, via Gilli, 4, 38121 Trento

(***) Istituto Geografico Militare, Via Novoli, 93, 50127 Firenze

(****) DICA - Università di Trento, via Mesiano, 77, 38123 Trento

Riassunto

Il sistema di riferimento altimetrico ufficiale italiano è definito attraverso una rete di livellazione geometrica materializzata e periodicamente rilevata dall'Istituto Geografico Militare (IGM). Le quote dinamiche, ortometriche e normali dei capisaldi di una rete di livellazione si ottengono dalla compensazione ai minimi quadrati dei dislivelli geometrici osservati, opportunamente corretti per gli effetti di gravità. Il Politecnico di Milano (POLIMI), nell'ambito di una convenzione con l'IGM, sta effettuando il calcolo delle correzioni (dinamiche, ortometriche e normali) da apportare alle nuove osservazioni di livellazione eseguite nel contempo dall'IGM sull'intero territorio nazionale per l'aggiornamento del sistema di altezze italiano. I valori di gravità necessari al calcolo delle correzioni sono ricavati dal *database* utilizzato per il nuovo Geoide Italiano. Il Servizio Catasto della Provincia Autonoma di Trento in accordo con IGM e POLIMI partecipa all'acquisizione delle osservazioni della sotto-rete trentina e al successivo calcolo delle relative correzioni. Lo stato dell'arte nella definizione del sistema di riferimento delle altezze, con richiami sul calcolo delle correzioni gravimetriche classiche e su una nuova formulazione sviluppata di recente nell'ambito della teoria di Molodensky costituiscono l'oggetto della presente comunicazione insieme ai risultati preliminari ottenuti sui dati del Trentino.

Abstract

The official italian height system is defined through a spirit leveling network periodically surveyed by the Istituto Geografico Militare (IGM). Dynamic, orthometric and normal heights of the network benchmarks are obtained from the least squares adjustment of the observed height differences, properly corrected for the gravity effects. In agreement with IGM, the Politecnico di Milano (POLIMI) is computing the corrections (dynamic, orthometric and normal) for the new spirit leveling observations, carried out in the meanwhile by the IGM to update the italian height datum. The gravity observations needed to evaluate the corrections are obtained from the same *database* used for the Italian Geoid. The Cadastral service of Provincia Autonoma di Trento in agreement with IGM and POLIMI is involved in the observation collection of the Trentino sub network as well as in the connected correction computation. The presentation is about the state of the art in the definition of the italian height datum and a short review on the gravity correction formulas as well as on a new formulation of the normal correction term in the framework of Molodensky's theory. Preliminary results on the Trentino sub network will be presented as well.

Riassunto esteso

Il sistema di riferimento altimetrico ufficiale italiano è stato realizzato ed è periodicamente aggiornato dall'Istituto Geografico Militare. Esso è costituito da un insieme di caposaldi di quota nota ottenuta dalla compensazione di una rete di livellazione geometrica di precisione.

Com'è noto, la quota di un punto può essere definita attraverso coordinate diverse, e rispetto a superfici diverse (Jekeli, 2000). Ad esempio, la quota ortometrica di un caposaldo esprime l'altezza lungo la verticale passante per il caposaldo in questione, materializzata dal filo a piombo, e il geoide utilizzato come superficie di riferimento. La quota normale di un caposaldo, invece, è definita in maniera intrinseca (attraverso il campo di gravità terrestre attuale W e il campo di gravità normale U), come la lunghezza, lungo la normale all'ellissoide di riferimento per il caposaldo, tra l'ellissoide e quel punto che ha potenziale normale uguale al potenziale attuale del caposaldo (Betti et al., 2015). La differenza di quote ortometriche o normali, per rimanere all'esempio, dei due estremi di una battuta di livellazione si connette alla corrispondente osservazione di dislivello attraverso l'aggiunta di termini correttivi, detti correzione ortometrica e correzione normale, che dipendono dal campo di gravità. Più specificamente la correzione ortometrica richiede oltre alla gravità negli estremi della battuta di livellazione, ricavabili dalla compensazione di reti gravimetriche, anche un'ipotesi sulla densità media della crosta terrestre; tale ipotesi non è necessaria nel caso della quota normale.

Ciò premesso, nel caso italiano le quote dei capisaldi di livellazione sono ottenute dalla compensazione di dislivelli puri e non coincidono a rigore con alcun tipo di coordinata. Già negli anni '70, tuttavia, per ottemperare a direttive europee, su parte della rete di livellazione sono stati determinati i valori di gravità necessari ad effettuare le correzioni. D'altra parte, l'Italia dispone di un *database* di gravità su quasi tutto il territorio, tranne alcune lacune nelle zone alpine, utilizzato per il calcolo del geoide gravimetrico. Tale *database* può essere utilizzato per predire i valori di gravità necessari al calcolo delle correzioni alle osservazioni di livellazione. Dopo aver eseguito opportuni test sull'area delle Alpi occidentali (Barzaghi et al., 2012), in una zona test particolarmente significativa, sia per il tipo di dislivelli coinvolti che per una anomalia gravimetrica nota come il corpo di Ivrea, il Politecnico di Milano e l'IGM hanno stretto una convenzione che prevede da parte del Politecnico il calcolo di tutte le correzioni alle osservazioni di livellazione che l'IGM compenserà per ottenere le quote ortometriche normali e dinamiche di tutti i capisaldi. Contestualmente, il Politecnico di Milano e l'Università degli studi di Firenze hanno lavorato alla scrittura di equazioni di osservazione di dislivelli geometrici seguendo l'approccio della geodesia intrinseca di Molodensky (Betti et al., 2015). Se ne ricavano equazioni che esprimono il dislivello tra due estremi di livellazione come la differenza di quote normali (le coordinate di altezza 'naturali' nell'ambito della teoria di Molodensky) più dei termini di correzione, diversi da quelli ottenuti ad esempio in analogia con le correzioni ortometriche (Heiskanen, Moritz, 1967), che dipendono dall'anomalia di gravità negli estremi e dalla curvatura delle linee di forza del campo normale. I calcoli delle correzioni di gravità sono stati effettuati su gran parte del territorio italiano, portando a dei risultati positivi in termini di riduzione degli errori di chiusura degli anelli di livellazione. La rete trentina è in corso di elaborazione. Per essa si dispone sia di nuovi dati di livellazione che in parte di osservazioni gravimetriche che la rendono un'area test di particolare interesse anche per la conformazione fisica del territorio. La collaborazione con il servizio del catasto rappresenta, a nostro parere, un buon esempio di trasferimento di conoscenze tra università ed enti territoriali.

Bibliografia

Barzaghi R., Betti B., Carrion D., Gentile, G., Maseroli R., Sacerdote F. (2012), "Orthometric Correction and Normal Heights for Italian Leveling Network: a Case Study", *Applied Geomatics*, 6:17–25.

Betti B., Carrion D., Sacerdote F., Venuti G. (2015), "The observation equation of spirit leveling in Molodensky's context", Presented at the VIII Hotine Marussi Symposium in honor of Fernando Sansò, Rome, June 17-21 2013. Accepted for publication in the IAG Symposia Series.

Jekeli C. (2000), "Heights, the Geopotential and Vertical Datums". *Ohio State University Report No. 459*.

Heiskanen W.A. and Moritz H. (1967), *Physical Geodesy*. W.H. Freeman and Co., San Francisco.