

تعیین ضخامت الاستیک لیتوسفر با استفاده از داده های گرانی سنجی مطالعه موردی: منطقه ای شامل بلوک های گلپایگان، قم و آران

سمیرا قلعه نوی¹، وحید ابراهیم زاده اردستانی²

¹ دانشجوی دکترا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، s_ghalenoiee@ut.ac.ir

² استاد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ebrahimz@ut.ac.ir

چکیده

چگونگی پاسخ لیتوسفر به بارهای اعمالی به میزان استحکام خمشی و نیز ضخامت الاستیک لیتوسفر بستگی دارد لذا تعیین ضخامت الاستیک لیتوسفر میتواند درک بهتری در مورد رفتار دینامیکی لیتوسفر بدست دهد. در پژوهش پیشرو با استفاده از تابع کوهرنس و وارون سازی کمترین مربعات و با فرض لیتوسفر زمین به عنوان صفحه الاستیک نازک به تعیین ضخامت الاستیک لیتوسفر در منطقه ای شامل بلوک های گلپایگان، قم و آران پرداخته خواهد شد. نتایج حاصل با استفاده از داده های گرانی سنجی زمینی و داده های توپوگرافی دریافت شده از سازمان نقشه برداری ایران همخوانی خوبی با سایر پژوهش های صورت گرفته دارد.

واژه های کلیدی: استحکام خمشی، ضخامت الاستیک، نرخ بارگذاری، کوهرنس، گرانی، توپوگرافی

Lithospheric elastic thickness determination using Gravity data- case study: region including Golpaigan, Qom and Aran Blocks

Samira Ghalenovi, Vahid E. Ardestani¹

¹ institute of Geophysics, University of Tehran

Abstract

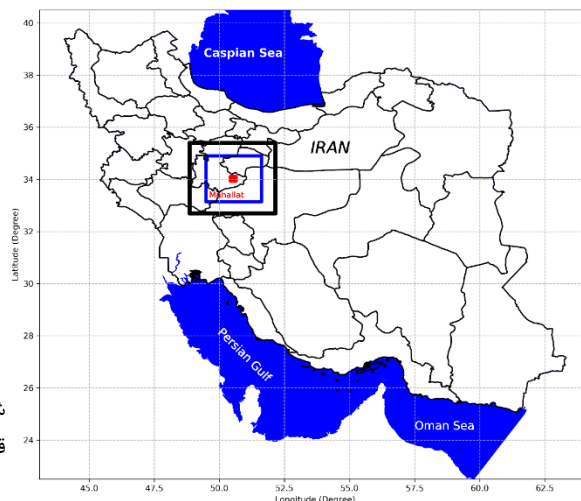
The response of the lithosphere to the applied load depends on its flexural rigidity and elastic thickness. Therefore, such knowledge will be useful for better understanding of the mechanics of the deformations of the lithosphere under the loads. In this paper, we will determine the elastic thickness of the lithosphere on a region including Golpaigan, Qom and Aran blocks, Iran. The initial consideration is that the lithosphere behaves as a thin elastic plate in presence of both surface and subsurface loading. In order to estimate T_e we will invert the Coherence function by the load deconvolution and uniform f methods. The results obtained using terrestrial gravity anomaly and topography are in a good agreement with the previous works applied on the whole of Iran obtained using satellite Gravity and topography data.

Keywords: flexural rigidity, elastic thickness, loading ratio, coherence, gravity, topography

1 مقدمه

از آنجایی که ضخامت الاستیک لیتوسفر پارامتری مهم در شناخت رفتار زمین شناختی و تکتونیکی لیتوسفر است، طی سالیان گذشته دانشمندان بسیاری به دنبال راه حل برای تعیین این پارامتر با استفاده از تلفیق داده های گرانی بوجه یا هوای آزاد و توپوگرافی با استفاده از روش های طیفی گوناگون بوده اند. اولین تلاش های برای تعیین این پارامتر با استفاده از روش تبدیل فوریه پنجره ای صورت گرفت، بعدها با استفاده از روش بیشینه آنتروپی و پس از آن با استفاده از روش چند پنجره ای (multitaper) به تعیین این پارامتر پرداختند (کیربی، 2014). فورثیت (1985) روشی جدید برای تعیین این پارامتر بر اساس تجزیه بارهای اعمالی به مولفه های سطحی و زیر سطحی معرفی کرد. از آنجایی که نتایج حاصل از روش های طیفی در حوزه فوریه محدود به ابعاد پنجره انتخابی بود، اسوین و کیربی (2006) روش واهمامیخت بار (load deconvolution) فورثیت را در حوزه عدد موج و با روش تبدیل موجک باز نویسی کردند. از آنجایی که ثوابت موجک تابعی از عدد موج و نیز مختصات مکانی می باشند میتوان در هر نقطه از شبکه داده مقادیر T_e

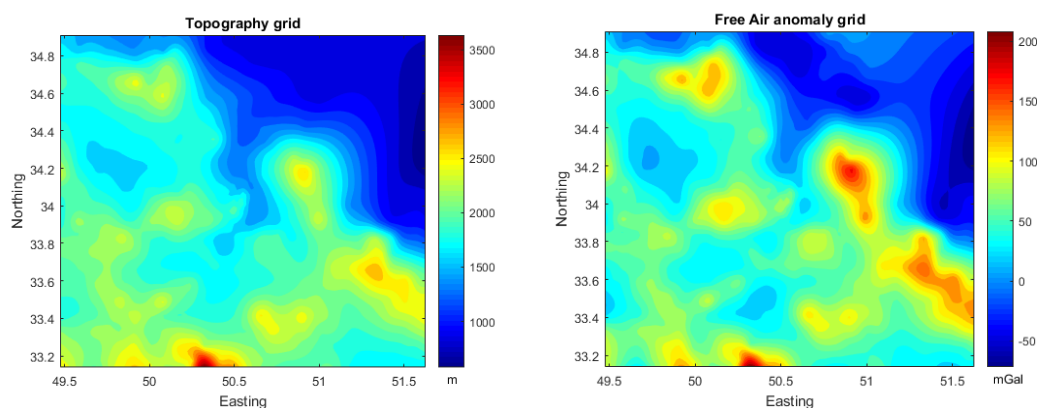
را تعیین و در نهایت نقشه تغییرات این دو پارامتر را به تصویر کشید. در این مقاله با استفاده از داده های گرانی سنجی زمینی و توپوگرافی برداشت شده توسط سازمان زمین شناسی ایران و با استفاده از تابع کوهرنس و روش ارائه شده توسط فورثیت (1985) در حوزه موجک به تعیین ضخامت الاستیک لیتوسفر در منطقه ای شامل بلوک های گلپایگان، قم و آران که در شکل 2 نشان داده شده است پرداخته خواهد شد.



شکل 1: موقعیت منطقه مورد بررسی شامل بلوک های گلپایگان، قم و آران (کادر آبی رنگ)

2 روش تحقیق

نخست از داده های گرانی (هوای آزاد) و توپوگرافی تبدیل فوریه گرفته و کانولوشن آن ها را با خانواده موجک های مورلت در هندسه فن در رنجی از آزیموت های مجاز (بین 0 تا 180 درجه) محاسبه می شود. در گام بعدی، طیف های متقابل و خودکار آنها را محاسبه و میانگین گیری خواهند شد. با استفاده از این مقادیر طیفی و روابط موجود (کیربی و اسوین، 2009) مقدار تابع کوهرنس مشاهده شده در هر نقطه از شبکه داده بدست آورده می شود. در ادامه با استفاده از روش واهمایخت بار و بارگذاری یکنواخت ($uniform\ f$) مقادیر پیش بینی شده برای تابع کوهرنس را محاسبه (مقادیر مورد استفاده در جدول 1 ذکر شده اند) و با روش کمینه سازی یک بعدی برنت و کمترین مربعات اختلاف بین دو مقدار مشاهده شده و پیش بینی شده را به ازای مقادیر Te کمینه می کنیم. بهترین مقدار Te به ازای کمترین اختلاف بین دو مقدار مشاهده ای و پیش بینی شده بدست می آید.



شکل 2. (الف) نمایش آنومالی هوای آزاد گرانی برای منطقه مورد استفاده (داده های برداشت شده در منطقه ای به وسعت 200 در 200 کیلومتر با فاصله برداشت 5 کیلومتر از سازمان زمین شناسی ایران دریافت شده است) (ب) داده توپوگرافی در منطقه مورد نظر

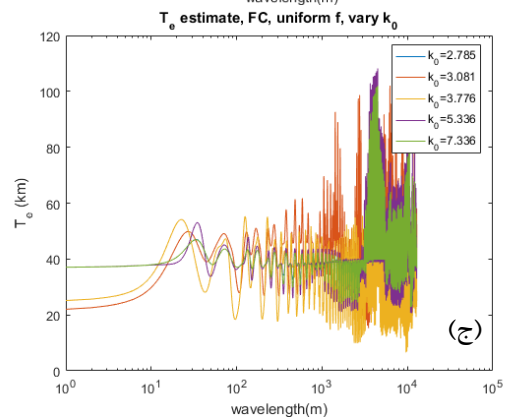
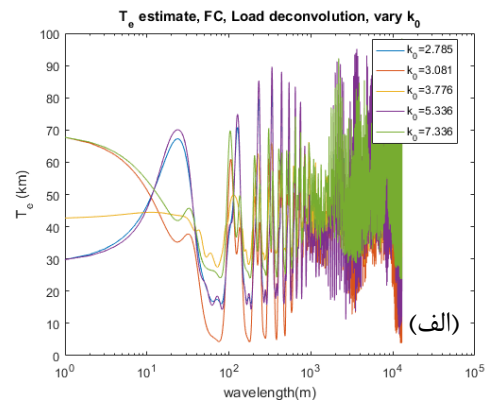
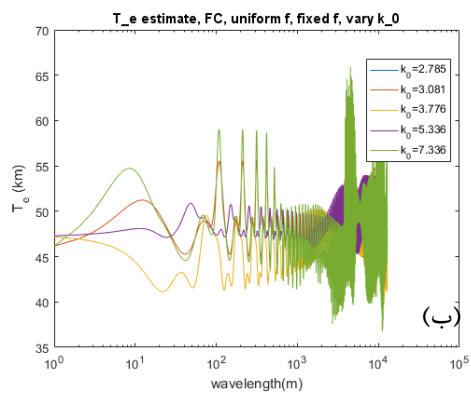
3 نتیجه گیری

شکل 2 (الف) و (ب) آنومالی های هوای آزاد و توپوگرافی مورد استفاده در تحلیل طیفی را نشان می دهد. شکل 3 روند تغییرات در تعیین پارامتر Te به ازای مقادیر مختلف عدد موج مرکزی ($k0$) را با روش های (الف) واهمایخت بار، (ب) بارگذاری یکنواخت (f ثابت) و (ج) بارگذاری یکنواخت با f متغیر نشان می دهد. در پژوهش های گذشته عباس زاده و

همکاران (2013)، زمانی و همکاران (2014) و اخیراً (اسحاق و همکاران، 2019) با استفاده از ترکیب داده های گرانی سنجی و توپوگرافی ماهواره ای به تخمین این پارامتر در کل ایران پرداخته اند که نتایج پژوهش حاضر با مقادیر ارائه شده توسط عباس زاده و همکاران (2013) نیز تطابق قابل قبولی دارد (نتایج پژوهش های پیشین به طور خلاصه در جدول 3 قید شده اند).

جدول 1. مقادیر و نماد های مورد استفاده در روابط و مدل سازی لیتوسفر زمین در منطقه محلات

واحد	مقدار	نماد	ثابت
GPa	100	E	مدول یانگ
$m^3 kg^{-1} s^{-2}$	6.67259×10^{-11}	G	ثابت گرانش نیوتن
	0.25	ν	نسبت پواسون
ms^{-2}	9.79	g	شتاب گرانش
km	35	z_m	عمق میانگین موهو
kgm^{-3}	3400	ρ_m	دانسیتة گوشته
kgm^{-3}	2700	$\rho_{up-crust}$	دانسیتة پوستة بالایی
kgm^{-3}	2800	$\rho_{mid-crust}$	دانسیتة پوستة میانی
kgm^{-3}	2900	$\rho_{lo-crust}$	دانسیتة پوستة پایینی



شکل 4. نمایش روند تغییرات در مقدار تخمین زده شده برای پارامتر T_e با استفاده از تابع کوهرنس هوای آزاد با روش اینورژن (الف) واهمامیخت بار، (ب) بارگذاری یکنواخت (f ثابت) و (ج) بارگذاری یکنواخت (f متغییر) برای مقادیر مختلف پارامتر طول موج مرکزی (k_0).

جدول 2. مقادیر میانگین حاصل از روش های فوق الذکر برای پارامتر T_e

K0	تابع	روش اینورژن	T_e_mean
2.785	کوهرنس هوای آزاد	واهمامیخت بار	47.14
		F یکنواخت، f ثابت	49.42
		F یکنواخت	44.43
3.081	کوهرنس هوای آزاد	واهمامیخت بار	44.75
		F یکنواخت، f ثابت	47.83
		F یکنواخت	42.94
3.776	کوهرنس هوای آزاد	واهمامیخت بار	45.03
		F یکنواخت، f ثابت	47.75
		F یکنواخت	41.22
5.336	کوهرنس هوای آزاد	واهمامیخت بار	47.14
		F یکنواخت، f ثابت	49.42
		F یکنواخت	44.06
7.336	کوهرنس هوای آزاد	واهمامیخت بار	52.25
		F یکنواخت، f ثابت	48.02
		F یکنواخت	49.07

جدول 3. مقدار میانگین برای پارامتر T_e حاصل از پژوهش های گذشته

	روش	T_e_mean (km)
عباس زاده و همکاران، 2013	ادمیتنس هوای آزاد	45-50
زمانی و همکاران، 2014	کوهرنس بوگه	45-50
اسحاق و همکاران، 2019	ترکیب داده گرانی و مدل های ایزوستازی	25-35

منابع

- Abbaszadeh M., Sharifi M.A. and Nikkhoo M. (2013) A comparison of the estimated effective elastic thickness of the lithosphere using terrestrial and satellite-derived data in Iran. *Acta Geophys.*, 61, 638-648.
- Eshagh, M., Tenzer, R., Eshagh, M. Elastic thickness of the Iranian lithosphere from gravity and seismic data, *Tectonophysics*, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.228186>
- Forsyth, D. W. (1985), Subsurface loading and estimates of the flexural rigidity of continental lithosphere, *J. Geophys. Res.*, 90, 12,623– 12,632.
- Kirby, J.F., Swain, C.J., 2009. A reassessment of spectral T_e estimation in continental interiors: the case of North America. *J. Geophys. Res.* 114 (B8), B08401. <http://dx.doi.org/10.1029/2009JB006356> lithosphere. *J. Geophys. Res.* 90 (B14), 12,623–12,632.
- Swain, C.J., Kirby, J.F., 2006. An effective elastic thickness map of Australia from wavelet transforms of gravity and topography using Forsyth's method. *Geophys. Res. Lett.* 33, L02314. <http://dx.doi.org/10.1029/2005GL025090>.
- Zamani A., Samiee J. and Kirby J.F. (2014) The effective elastic thickness of the lithosphere in the collision zone between Arabia and Eurasia in Iran. *J. Geodyn.*, 81, 30-40.