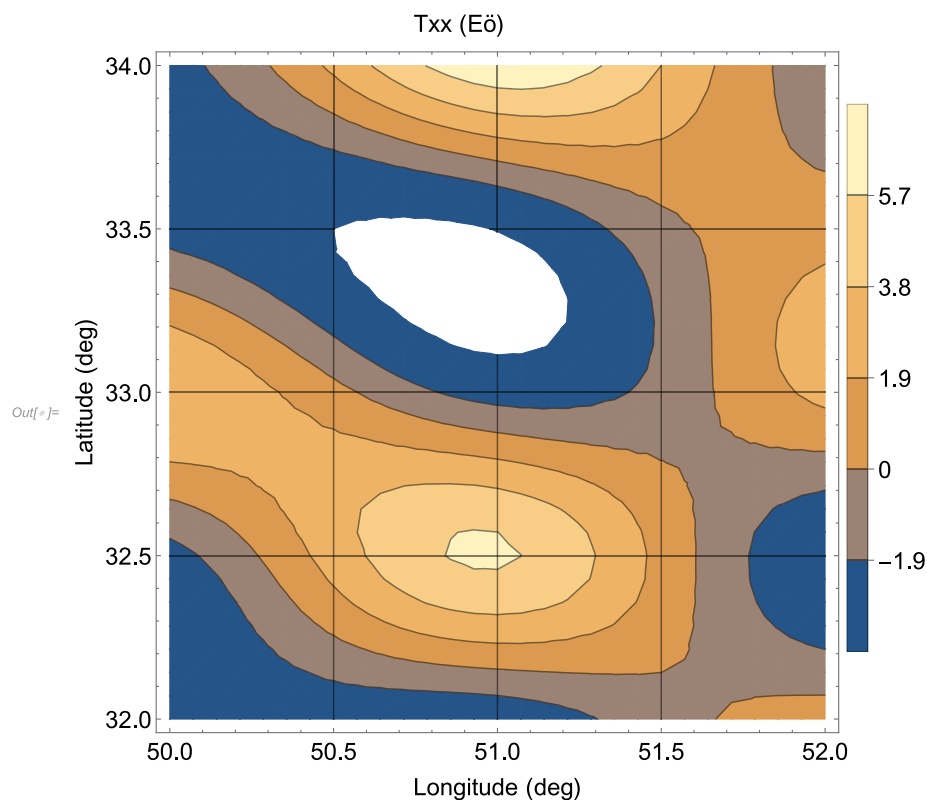


در اینجا می‌خواهیم تابع زیر با نام Txx را ترسیم کنیم:

$$T_{xx}(r, \varphi, \lambda) = \frac{1}{Eotvos} \frac{GM}{a^3} \sum_{n=2}^{N_{max}} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+3} (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \\ \times \left(a_{nm} \bar{P}_{n,m-2}(\sin \varphi) + [b_{nm} - (n+1)(n+2)] \bar{P}_{n,m}(\sin \varphi) \right. \\ \left. + c_{nm} \bar{P}_{n,m+2}(\sin \varphi) \right)$$

در این تابع φ عرض جغرافیایی و λ طول جغرافیایی است ولی در فرمول باید توجه داشت که بصورت رادیان (و نه درجه) وارد می‌شود. ما می‌خواهیم که نقشه‌ی دوبعدی این تابع را بصورتی که محور افقی بیانگر طول جغرافیایی و محور عمودی بیانگر عرض جغرافیایی باشد در یک τ مشخص ترسیم کنیم. نرم‌افزار باید اینطور عمل کند که از کاربر محدوده‌ی ابتدا و انتهای طول و عرض جغرافیایی (به درجه) و رزولوشن نقشه (یعنی گام‌های بین محدوده‌ی ابتدا و انتهای طول و عرض) را دریافت کند و نقشه‌ی رنگی را تحویل دهد. همچنان مثل مثال قبلی که انجام دادید، تعداد کانتورها و تم رنگی قابل انتخاب توسط کاربر باشد.

برای روشن‌تر شدن مطلب مثالی می‌زنم: من می‌خواهم نقشه‌ی T_{xx} برای محدوده‌ی عرض جغرافیایی ۳۲ درجه تا ۳۴ درجه و طول جغرافیایی ۵۰ درجه تا ۵۲ درجه با رزولوشن ۰.۵ درجه در $r = 6.37 \times 10^6$ ترسیم شود. نقشه‌ی فوق بصورت زیر در می‌آید:



تعریف پارامترهای تابع:

در این تابع داریم:

$$Eotvos = 10^{-9}$$

$$GM = 3.986004418 \times 10^{14}$$

$$a = 6378137.0$$

$$N_{max} = 360$$

ضرایب \bar{C}_{nm} و \bar{S}_{nm} ضرایبی هستند که مقدار آنها وابسته به اندیس n و m است و از روی یک فایل خارجی قرائت می‌شوند. این فایل با پسوند gfc. در اختیار شما قرار داده می‌شود. شما می‌توانید آن را با notepad باز کنید و محتویات درون آن را ببینید. در شکل زیر محتویات این فایل و ضرایب موردنیاز C_{nm} و S_{nm} درون آن نشان داده شده است:

	n	m		C_{nm}	S_{nm}		
key	L	M	C	S	sigma C	sigma S	
end_of_head							
gfc	0	0	1.000000000000e+00	0.000000000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	
gfc	2	0	-0.484165371736e-03	0.000000000000e+00	0.35610635e-10	0.00000000e+00	
gfc	2	1	-0.186987635955e-09	0.119528012031e-08	0.10000000e-29	0.10000000e-29	
gfc	2	2	0.243914352398e-05	-0.140016683654e-05	0.53739154e-10	0.54353269e-10	
gfc	3	0	0.957254173792e-06	0.000000000000e+00	0.18094237e-10	0.00000000e+00	
gfc	3	1	0.202998882184e-05	0.248513158716e-06	0.13965165e-09	0.13645882e-09	
gfc	3	2	0.904627768605e-06	-0.619025944205e-06	0.10962329e-09	0.11182866e-09	
gfc	3	3	0.721072657057e-06	0.141435626958e-05	0.95156281e-10	0.93285090e-10	
gfc	4	0	0.539873863789e-06	0.000000000000e+00	0.10423678e-09	0.00000000e+00	
gfc	4	1	-0.536321616971e-06	-0.473440265853e-06	0.85674404e-10	0.82408489e-10	
gfc	4	2	0.350694105785e-06	0.662671572540e-06	0.16000186e-09	0.16390576e-09	
gfc	4	3	0.990771803829e-06	-0.200928369177e-06	0.84657802e-10	0.82662506e-10	
gfc	4	4	-0.188560802735e-06	0.308853169333e-06	0.87315359e-10	0.87852819e-10	
gfc	5	0	0.6853332475630e-07	0.000000000000e+00	0.54383090e-10	0.00000000e+00	

ضرایب a_{nm} و b_{nm} و c_{nm} طبق رابطه زیر داده شده‌اند:

$$\begin{aligned}
 a_{n,m} &= 70, \quad |m| = 0, 1 \\
 a_{n,m} &= \frac{\sqrt{1+\delta_{|m|,2}}}{4} \sqrt{n^2 - (|m| - 1)^2} \\
 &\quad \times \sqrt{n + |m|} \sqrt{n - |m| + 2}, \quad 2 \leq |m| \leq n \\
 b_{n,m} &= \frac{(n+|m|+1)(n+|m|+2)}{2(|m|+1)}, \quad |m| = 0, 1 \\
 b_{n,m} &= \frac{n^2+m^2+3n+2}{2}, \quad 2 \leq |m| \leq n \\
 c_{n,m} &= \frac{\sqrt{1+\delta_{|m|,0}}}{4} \sqrt{n^2 - (|m| + 1)^2} \sqrt{n - |m|} \\
 &\quad \times \sqrt{n + |m| + 2}, \quad |m| = 0, 1 \\
 c_{n,m} &= \frac{1}{4} \sqrt{n^2 - (|m| + 1)^2} \sqrt{n - |m|} \\
 &\quad \times \sqrt{n + |m| + 2}, \quad 2 \leq |m| \leq n \\
 n &= 2, 3, \dots, N;
 \end{aligned}$$

در روابط فوق δ_{ij} بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & else \end{cases}$$

تابع $\bar{P}_{n,m}(t)$ تابع لژاندر وابسته‌ی نرمالیزه شده است. این تابع یا مشابه آن احتمالاً در پایتون تعریف شده است ولی باید توجه شود که تعاریف مختلف از این تابع ارائه شده است و برای اطمینان رابطه‌ی زیر برای صحت‌سنجی داده می‌شود:

$$P_{nm}(t) = 2^{-n}(1 - t^2)^{m/2} \sum_{k=0}^r (-1)^k \frac{(2n - 2k)!}{k! (n - k)! (n - m - 2k)!} t^{n-m-2k}$$

که در آن r بزرگترین عددِ کمتر مساوی $\frac{n-m}{2}$ می‌باشد.

در این سند همواره n و m اعداد صحیح هستند.