

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

BÁO CÁO HỌC THUẬT BỘ MÔN
MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ
TRƯỜNG TRỌNG LỰC TOÀN CẦU

PGS. TS. Nguyễn Văn Sáng

Bộ môn: Trắc địa cao cấp

HÀ NỘI, 2019

NỘI DUNG CHÍNH

1. Khái quát chung về trường trọng lực toàn cầu
2. Lịch sử hình thành và phát triển của Trung tâm quốc tế về mô hình trái đất toàn cầu (ICGEM)
3. Kết quả xây dựng mô hình trường trọng lực toàn cầu
4. Đánh giá độ chính xác của các mô hình

1. Khái quát chung về trường trọng lực toàn cầu

- Thế trọng trường
- Các phương pháp nghiên cứu thế trọng trường
- Biểu diễn thế trọng trường bằng hàm cầu điều hòa

Thế trọng trường

Thế trọng trường của 1 điểm có tọa độ (x,y,z) là tổng hợp của thế hấp dẫn và thế li tâm và kí hiệu là $W(x,y,z)$.

$$W(x, y, z) = V(x, y, z) + Q(x, y, z) = G \iiint_V \frac{\delta(a, b, c)}{r} dV + \frac{\omega^2}{2} (x^2 + y^2)$$

- Thế trọng trường của Trái đất phụ thuộc vào mật độ phân bố vật chất trong lòng Trái đất, kích thước và hình dạng của Trái đất, và tốc độ quay ngày đêm của Trái đất.
- Mật độ vật chất không xác định được nên công thức trên chỉ có ý nghĩa lý thuyết, thực tế không tính được

Các phương pháp nghiên cứu thể trọng trường

Thể trọng trường thực không thể tính được bằng công thức trên do mật độ vật chất trong lòng đất $\delta(a,b,c)$ không xác định được



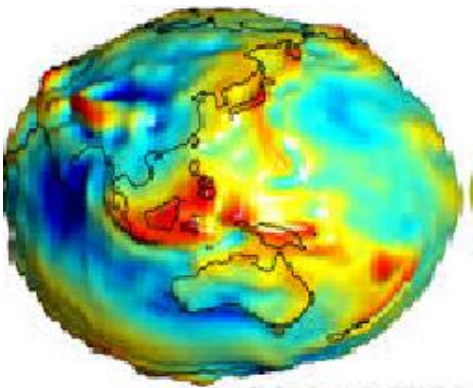
2. Khai triển thể trọng trường thực vào chuỗi hàm số cầu điều hòa (**Phương pháp hàm cầu điều hòa**)



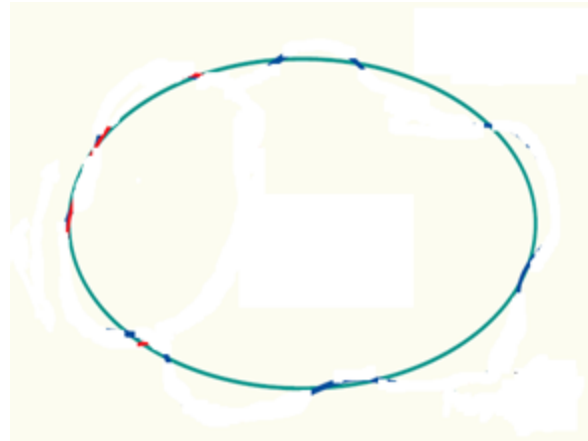
1. Chọn Trái đất chuẩn rồi tính chênh lệch giữa Trái đất thực và chuẩn (**Phương pháp Trái đất chuẩn**)

Phương pháp Trái đất chuẩn

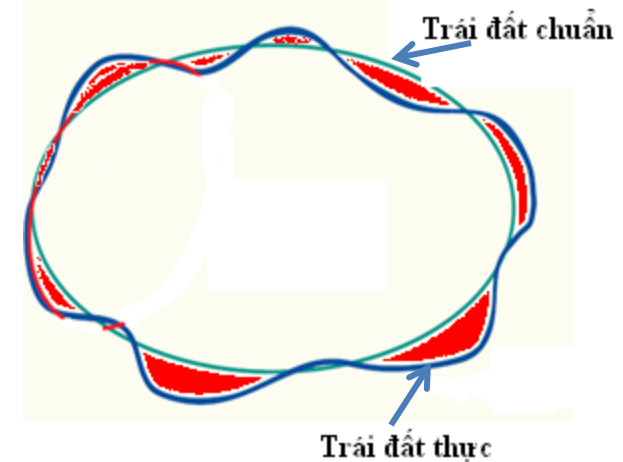
1. **Chọn** một Trái đất có hình dáng, kích thước, trọng lực và thể trọng trường làm chuẩn (**đã biết**)
2. Đưa việc nghiên cứu Trái đất thực trở thành việc nghiên cứu **sự khác nhau** giữa Trái đất thực và Trái đất chuẩn



Trái đất thực

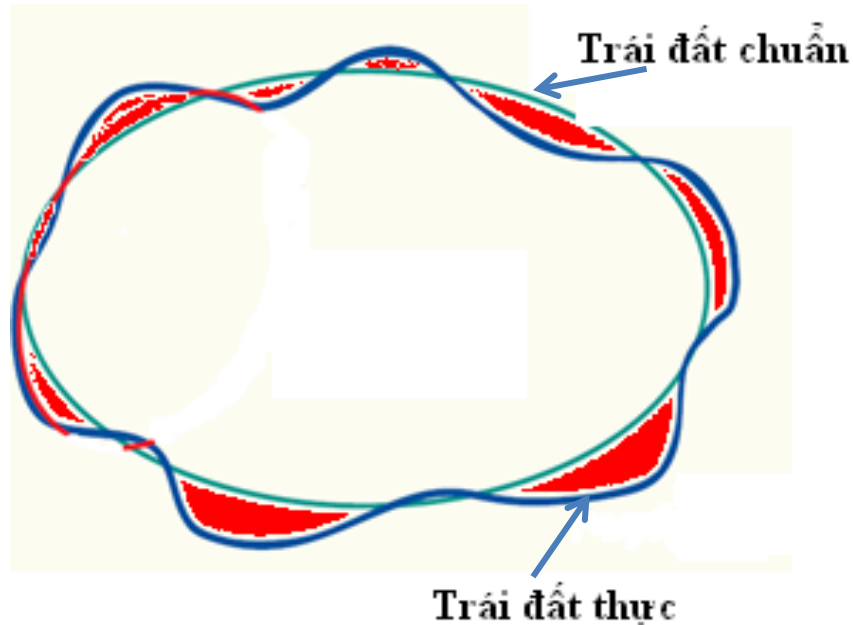


Trái đất chuẩn



Sự khác nhau giữa Trái đất thực và Trái đất chuẩn

- Việc nghiên cứu **Hình dáng, Kích thước và Thể trọng trường của Trái đất** được đưa về việc nghiên cứu sự khác nhau giữa **Ellipsoid chuẩn** và **Trái đất thực**.



Sự khác nhau giữa Trái đất thực và Ellipsoid chuẩn

Sự khác nhau gồm:

1. Khác nhau về kích thước
2. Khác nhau về hướng
3. Khác nhau về trọng lực
4. Khác nhau về thể trọng trường

Biểu diễn thế trọng trường thực vào chuỗi hàm số cầu điều hòa

$$W(\rho, \theta, \lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\rho^{n+1}} \left[\sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\theta) \right] + \frac{\omega^2}{2} (x^2 + y^2)$$

C, S là các hệ số điều hòa

P(θ) là đa thức Legendre

Người ta tìm các xác định các hệ số C, S đến cấp và bậc n, m nào đó. Cấp bậc càng cao thì mô hình càng gần với thế trọng trường thực

EGM96 có cấp bậc $n = m = 360$

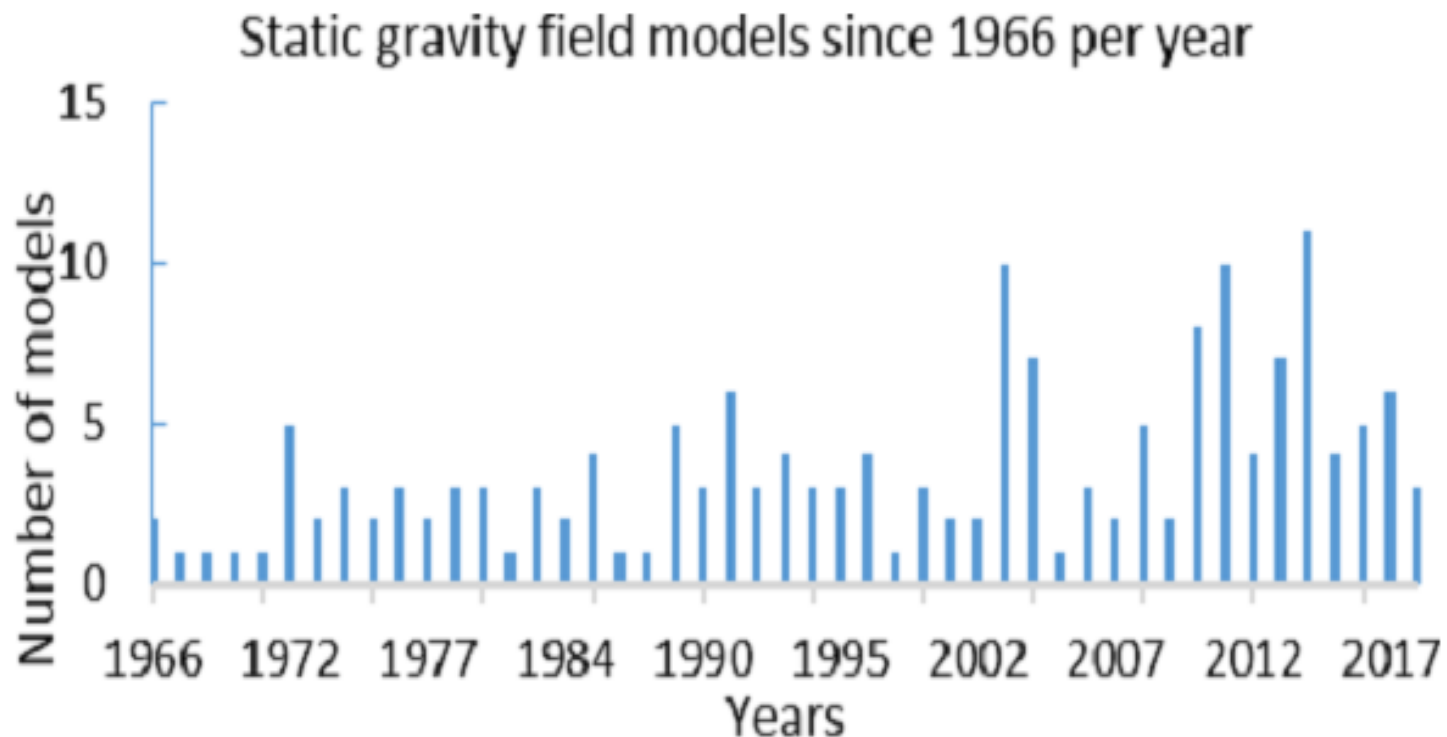
EGM2008 có cấp bậc $n = m = 2190$

2. Lịch sử hình thành và phát triển của Trung tâm quốc tế về mô hình trái đất toàn cầu (ICGEM)

- Năm 1997, IAGA ra nghị quyết số 1 về vấn đề nhu cầu truy cập thông tin trường trọng lực toàn cầu
- Năm 2003, với sự hỗ trợ tài chính và lưu trữ từ GFZ, dịch vụ ICGEM đã được thành lập
- ICGEM ban đầu được thành lập để thu thập các mô hình trọng lực toàn cầu tĩnh và cung cấp quyền truy cập dễ dàng vào các mô hình này
- Hiện nay, dịch vụ ICGEM đã trở thành một trung tâm duy nhất có bộ sưu tập lớn nhất và đầy đủ nhất của các mô hình trọng lực tĩnh và động.

3. Kết quả xây dựng mô hình trường trọng lực toàn cầu

- Các mô hình trọng lực tĩnh được phát triển bởi các tổ chức khác nhau từ năm 1966 đến nay đã lên đến 175 mô hình



175 mô hình trường trọng lực toàn cầu

STT	Mô hình	Năm	Nmax	Nguồn dữ liệu	Tài liệu tham khảo
10	GEM4	1972	16	G, S	Lerch, F.J. et al, 1972
9	GEM3	1972	12	S	Lerch, F.J. et al, 1972
8	GEM2	1972	22	G, S	Lerch, F.J. et al, 1972
7	GEM1	1972	22	S	Lerch, F.J. et al, 1972
6	KOCH71	1971	11	G, S	Koch, Karl-Rudolf and Witte, Bertold U., 1971
5	KOCH70	1970	8	G, S	Koch, Karl-Rudolf and Morrison, Foster, 1970
4	SE2	1969	22	G, S	Gaposchkin, E.M. Lambeck, K., 1970
3	OSU68	1968	14	G, S	Rapp, Richard H., 1968
2	WGS66	1966	24	G	WGS Committee, 1966
1	SE1	1966	15	S	Lundquist, C.A. et al, 1966

(Ghi chú: S = Satellite Tracking Data, G = Gravity Data, A = Altimetry Data)

STT	Mô hình	Năm	N _{Max}	Nguồn dữ liệu	Tài liệu tham khảo
110	AIUB-GRACE02S	2009	150	S(Grace)	Jäggi, A. et al, 2012
109	GGM03C	2009	360	A, G, S(Grace)	Tapley, B.D. et al, 2007
108	GGM03S	2008	180	S(Grace)	Tapley, B.D. et al, 2007
107	AIUB-GRACE01S	2008	120	S(Grace)	Jäggi, A. et al, 2010
106	EIGEN-5S	2008	150	S(Grace), S(Lageos)	Förste, C. et al, 2008
105	EIGEN-5C	2008	360	A, G, S(Grace), S(Lageos)	Förste, C. et al, 2008
104	EGM2008	2008	2190	A, G, S(Grace)	Pavlis, N.K. et al, 2008
103	ITG-Grace03	2007	180	S(Grace)	Mayer-Gürr, T. et al, 2007
102	AIUB-CHAMP01S	2007	70	S(Champ)	Prange, L. et al, 2009
101	ITG-Grace02s	2006	170	S(Grace)	Mayer-Gürr, T. et al, 2006
100	EIGEN-GL04S1	2006	150	S(Grace), S(Lageos)	Förste, C. et al, 2006

STT	Mô hình	Năm	N _{Max}	Nguồn dữ liệu	Tài liệu tham khảo
175	GO CONS GCF 2 TI M_R6e	2019	300	G (Polar), S(Goce)	Zingerle, P. et al, 2019
174	ITSG-Grace2018s	2019	200	S(Grace)	Mayer-Gürr, T. et al, 2018
173	EIGEN-GRGS.RL04.MEAN-FIELD	2019	300	S	Lemoine et al, 2019
172	GOCO06s	2019	300	S	Kvas et al., 2019
171	GO_CONS_GCF_2_TI M_R6	2019	300	S(GOCE)	Brockmann, J. M. et al, 2014
170	GO_CONS_GCF_2_DI R_R6	2019	300	S	Bruinsma, S. L. et al, 2014
169	IGGT_R1C	2018	240	G, S(GOCE), S(GRACE)	Lu, B. et al., 2019
168	Tongji-Grace02k	2018	180	S(GRACE)	Chen, Q. et al, 2018
167	SGG-UGM-1	2018	2159	EGM2008, S(GOCE)	Liang, W. et al., 2018 & Xu, X. et al. (2017)
166	GOSG01S	2018	220	S(GOCE)	Xu, X. et al., 2018
165	IGGT_R1	2017	240	S(GOCE)	Lu, B. et al, 2017
164	IfE_GOCE05s	2017	250	S(GOCE)	Wu, H. et al, 2017

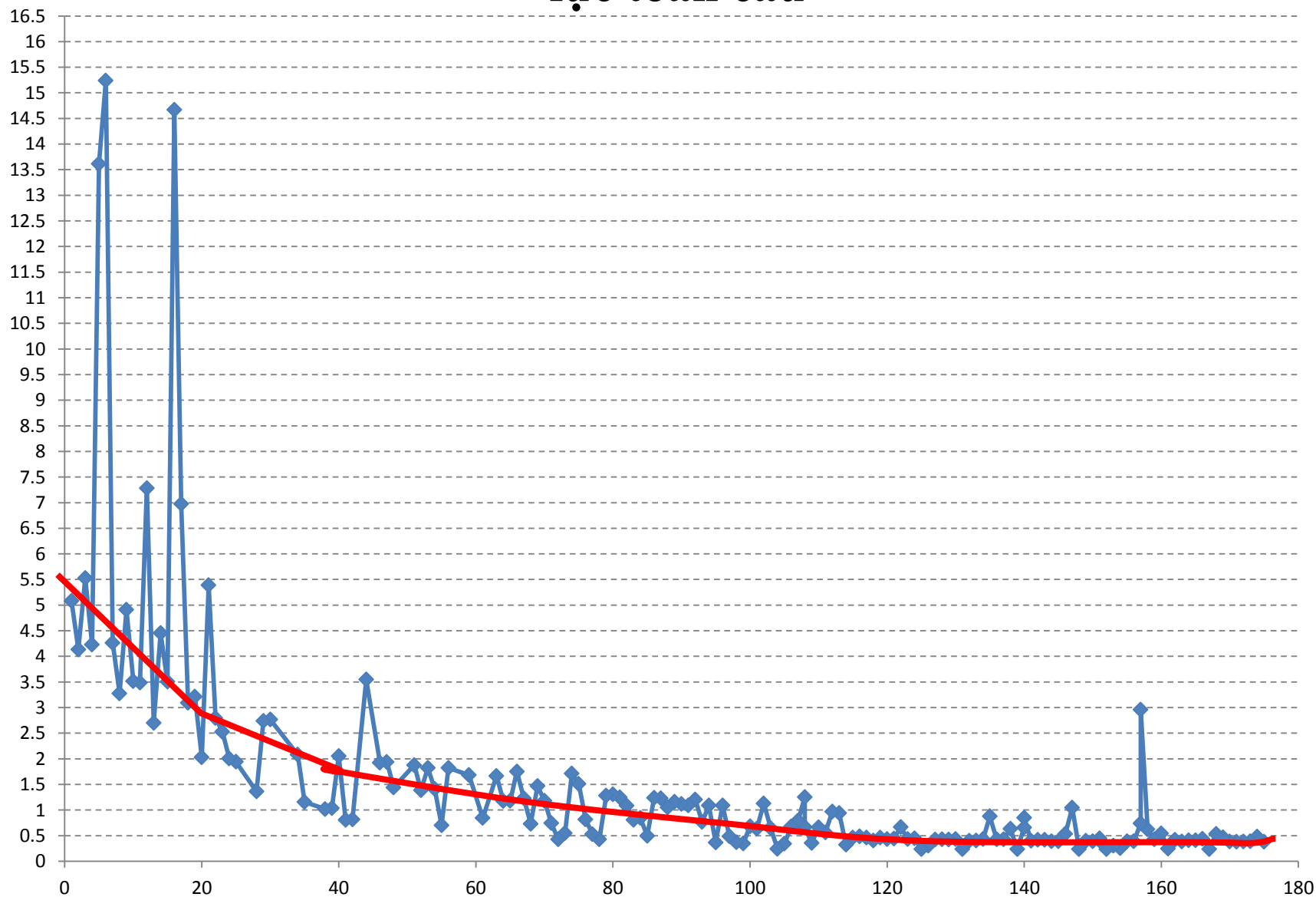
4. Đánh giá độ chính xác của các mô hình

STT	Mô hình	Nmax	Australia (201 điểm)	Brazil (1112 điểm)	Canada (2691 điểm)	Europe (1047 điểm)	Japan (816 điểm)	USA (6169 điểm)	Tổng hợp (12036 điểm)
			(m)						
10	GEM4	16	3.314	3.058	3.145	3.015	5.647	3.467	3.5172
9	GEM3	12	3.954	4.655	4.954	3.539	4.322	5.225	4.9088
8	GEM2	22	3.002	3.676	3.357	3.943	4.075	2.909	3.2765
7	GEM1	22	3.449	2.713	5.075	3.349	4.847	4.18	4.2615
6	KOCH71	11	11.823	21.583	10.88	8.763	6.075	17.179	15.2411
5	KOCH70	8	13.334	10.538	12.3	10.78	2.854	15.783	13.6158
4	SE2	22	3.326	3.716	4.774	4.663	4.919	3.899	4.2286
3	OSU68	14	5.097	3.69	8.921	2.793	4.013	4.261	5.5283
2	WGS66	24	3.982	4.68	5.307	3.247	5.853	3.206	4.1342
1	SE1	15	3.841	6	5.067	8.983	5.007	3.896	5.0806

STT	Mô hình	Nmax	Australi 201 đ	Brazi 1112 đ	Canada 2691 đ	Euro pe 1047 đ	Japan 816 đ	USA 6169 đ	Tổng hợp 12036 đ
			(m)						
110	AIUB-GRACE02S	150	0.495	0.665	0.639	0.725	0.911	0.63	0.6647
109	GGM03C	360	0.259	0.513	0.337	0.301	0.316	0.347	0.3565
108	GGM03S (upto150)	150	0.494	0.7	0.62	0.739	0.893	0.641	0.6688
108	GGM03S	180	1.281	1.762	1.011	1.313	1.163	1.24	1.2542
107	AIUB-GRACE01S	120	0.563	0.728	0.768	0.978	1.161	0.723	0.7931
106	EIGEN-5S	150	0.475	0.714	0.671	0.765	0.909	0.63	0.6796
105	EIGEN-5C	360	0.244	0.524	0.278	0.266	0.339	0.341	0.3422
104	EGM2008	2,190	0.217	0.460	0.128	0.125	0.083	0.248	0.2397
103	ITG-Grace03	180	0.603	0.686	0.636	0.67	0.752	0.633	0.6502
102	AIUB-CHAMP01S	70	0.893	1.061	1.076	1.577	2.167	0.843	1.1294
101	ITG-Grace02s	170	0.489	0.68	0.569	0.652	0.86	0.623	0.6364
100	EIGEN-GL04S1	150	0.464	0.739	0.66	0.771	0.952	0.63	0.6843

STT	Mô hình	Nmax	Australi 201 đ	Brazi 1112 đ	Canada 2691 đ	Europe 1047 đ	Japan 816 đ	USA 6169 đ	Tổng hợp 12036 đ
			(m)						
175	GO_CONS_GCF_2 _TI_R6e	300	0.318	0.502	0.29	0.34	0.431	0.396	0.3832
174	ITSG-Grace2018s	200	0.404	0.545	0.387	0.504	0.573	0.496	0.4837
173	EIGEN- GRGS.RL04.MEAN -FIELD	300	0.327	0.507	0.298	0.345	0.447	0.404	0.391
172	GOCO06s	300	0.318	0.503	0.292	0.341	0.43	0.398	0.3847
171	GO_CONS_GCF_2 _TIM_R6	300	0.317	0.501	0.29	0.34	0.431	0.396	0.383
170	GO_CONS_GCF_2 _DIR_R6	300	0.313	0.503	0.292	0.339	0.432	0.396	0.3838
169	IGGT_R1C	240	0.388	0.529	0.427	0.457	0.574	0.464	0.4689
168	Tongji-Grace02k	180	0.432	0.592	0.475	0.587	0.661	0.525	0.5357
167	SGG-UGM-1	2,159	0.217	0.446	0.13	0.121	0.076	0.245	0.2353
166	GOSG01S	220	0.359	0.518	0.373	0.426	0.526	0.442	0.4392
165	IGGT_R1	240	0.317	0.513	0.348	0.387	0.483	0.412	0.4111
164	IfE_GOCE05s	250	0.337	0.512	0.329	0.385	0.48	0.414	0.4081

Xu thế tăng độ chính xác của các mô hình trường trọng lực toàn cầu



KẾT LUẬN

- Phương pháp hàm cầu điều hòa để xác định trường trọng lực đã có từ lâu nhưng đến năm 1966 mới có mô hình đầu tiên ra đời
- Từ 1966 đến nay đã có tới 175 mô hình được xây dựng
- Các mô hình tăng dần về số bậc tối đa ($N_{\max}$), loại số liệu sử dụng và độ chính xác
- Hiện nay số bậc cao nhất đã là 2190. Độ chính xác đạt tới 2dm so với số liệu đo GNSS-thủy chuẩn

THANK YOU !