

مدل ریاضی زلزله و مقایسه آن با تکتونیک

دکتر بهرام عکاشه

مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

خلاصه: بکمک مدل ریاضی نیروهای بوجود آورنده زلزله برای ۱۰۶ زلزله محاسبه شده اند و چگونگی قرار گرفتن این نیروها با وضع تکتونیک منطقه مورد نظر مقایسه گردید و نتایج زیر بدست آمد:

امتداد بردارهای نیرو بسمت کانون زلزله با برشهای سطحی زاویه حدود ۵۰ درجه میسازند و اغلب دارای زاویه میل کمتر از ۳۰ درجه میباشند.

امتداد بردارهای نیرو بسمت کانون زلزله عمود بر چین خوردگی سلسله جبال میباشند و این بردارها در راستای شمال شرق - جنوب غرب قرار دارند.

راستای بردارهای نیرو بسمت خارج کانون زلزله برای منطقه کرمانشاه تا مشهد و شمال غربی در امتداد سلسله جبال قرار دارند، در حالیکه راستای بردارهای نیرو صفر برای منطقه شمال شرقی در امتداد سلسله جبال فرارسیگیرند.

مدل ریاضی زلزله با وضع تکتونیک مطابقت دارد.

مقدمه

توزیع دامنه و جهت موجهای طولی و عرضی (Radiation Pattern):

برای مطالعه ریاضی چگونگی وقوع یک زلزله، معمولاً فرض میشود که کانون زلزله (X') نقطه شکل و در محیط یکنواخت، ایزوتروپ، کاملاً الاستیک و بینهایت وسیع واقع شده است.

اکنون فرض میشود که دو مؤلفه یک زوج نیرو که دارای گشتاور میباشند در نقاط $X' + \Delta X'$ و $X' - \Delta X'$ وارد میشوند. این زوج نیرو میتواند در کانون زلزله یک جابجائی (Dislocation) بوجود آورد. در اثر این جابجائی موجهای الاستیک بوجود میآیند و در محیط (زمین) منتشر میشوند. این موجها را موجهای زلزله مینامند.

اینک می‌خواهیم دامنه موجهای حاصل از این جابجائی را در نقطه‌ای مانند X (پایگاه لرزه‌نگاری) که فاصله اش تا نقطه X' مقدار r میباشد بررسی کنیم. هوندا (H. Honda ۱۹۶۲) و هیتکه (H. Heintke ۱۹۶۷) و نویسنده مقاله (B. Akascheh ۱۹۶۸ and ۱۹۷۰) نشان میدهند چنانکه فاصله r نسبت به طول موج حاصل از این جابجائی بزرگ باشد و از توانهای بزرگتر از $\frac{1}{r}$ صرف نظر شود میتوان سه مؤلفه جابجائی برای موجهای طولی و عرضی را در نقطه X بشکل زیر در مختصات قطبی نوشت:

$$(U_{ip})_Z = \frac{d}{4\pi\rho\alpha^2r} |\sin^2 v \cdot \sin\phi| \begin{bmatrix} \sin v \cos\phi \\ \sin v \sin\phi \\ \cos v \end{bmatrix} f' \left(t - \frac{r}{\alpha} \right) \quad (1)$$

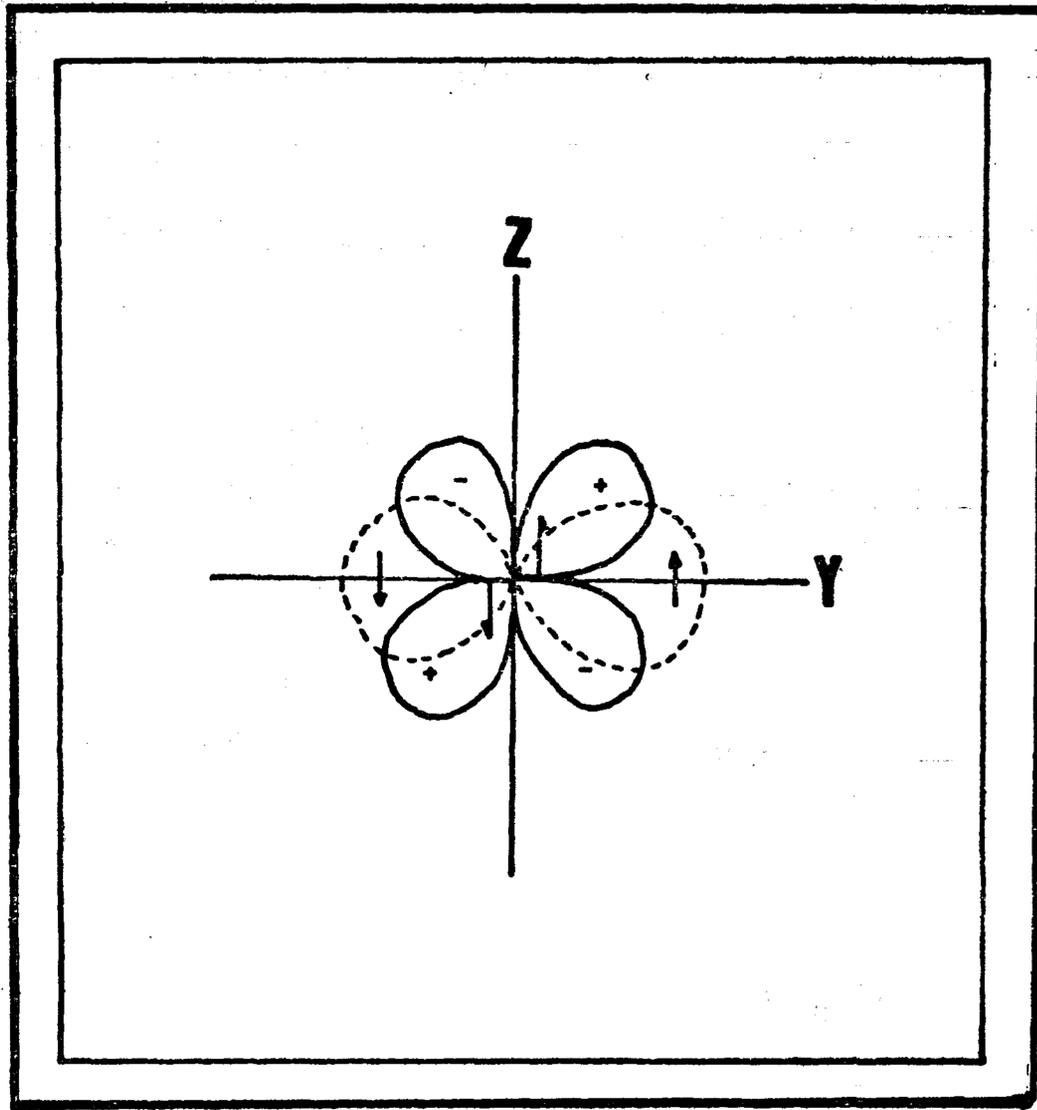
$$(U_{is})_Z = \frac{d}{4\pi\rho\beta^2r} |\sin^2 v \cdot \sin\phi| \begin{bmatrix} -\cos v \cos\phi \\ -\cos v \sin\phi \\ \sin v \end{bmatrix} f' \left(t - \frac{r}{\beta} \right) \quad (2)$$

که در آن:

U دامنه موج طولی و یا عرضی، U_P دامنه موج طولی (P)، U_S دامنه موج عرضی (S) و i اندیسی است که مقادیر ۱، ۲، ۳ را دارا میباشد. اندیس Z نشانه آنست که محور زوج نیرو در امتداد محور Z است. d برابر با $2\Delta X'$ میباشد. ρ جرم ویژه محیط، α سرعت موج طولی، β سرعت موج عرضی، r فاصله کانون زلزله تا محل مورد نظر (پایگاه لرزه نگاری) میباشد. v زاویه‌ای است که شعاع r با محور Z تشکیل میدهد و جهت این زاویه از محور Z بخارج مثبت اختیار میشود. ϕ زاویه‌ای است که تصویر شعاع r در روی سطح XY با محور X تشکیل میدهد و در روی صفحه XY از محور X در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت مثبت اختیار میگردد. f تابعی است که تابعیت زمانی و مکانی جابجائی را بیان مینماید. و f' مشتق تابع f نسبت بداخل پراکنش میباشد.

بکمک روابط (۱) و (۲) میتوان توزیع و اندازه دامنه موجهای طولی و عرضی حاصل از یک زوج نیرو نسبت به راستاهای مختلف (آزموت‌های مختلف) را برای $\phi = 90^\circ$ بدست آورد. شکل (۱) این توزیع دامنه موجهای طولی و عرضی و جهت موج عرضی را نشان میدهد.

علامت بعلاوه و یا منها نشان تراکم (compression) و یا انبساط (dilatation) موج طولی است. در شکل (۱) سطح XZ (محور X عمود بر صفحه کاغذ است) را سطح برشی (Fault Plane) و سطح XY را سطح کمکی (Auxiliary Plane) مینامند. دامنه موج طولی بر روی این دو سطح صفر



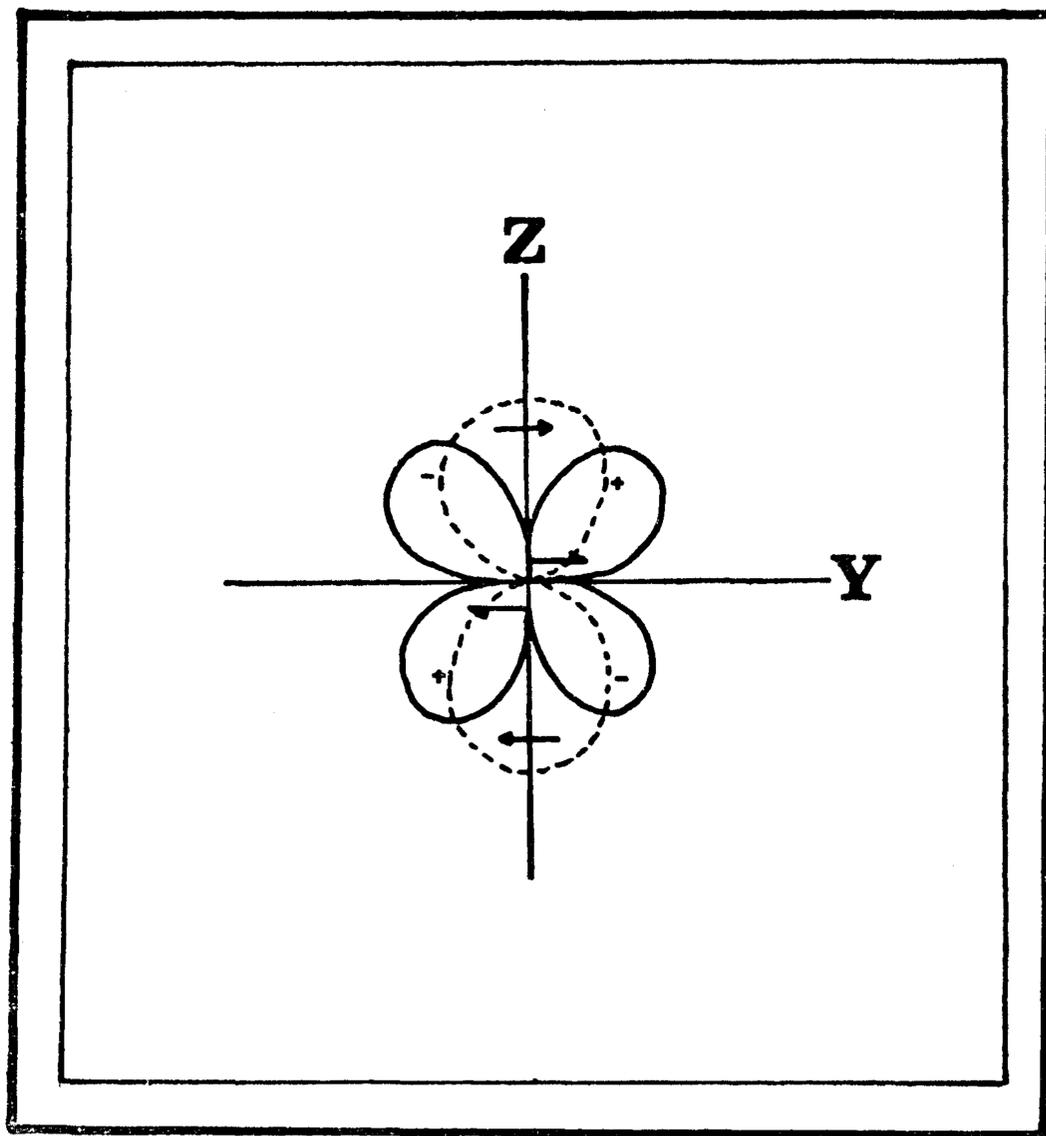
شکل (۱). توزیع جهت و اندازه دامنه موجهای طولی و عرضی . محور زوج نیرو در امتداد محور Z میباشد . خط پر : موج طولی خط چین : موج عرضی
 Fig.1 - P- and S - wave radiation pattern for single couple. Dipole axis in Z-direction. Solid lines P-wave, Dashed lines S-wave.

میباشد، در صورتیکه قدر مطلق دامنه موج طولی در راستاهای ۴۵° ، ۱۳۵° ، ۲۲۵° و ۳۱۵° درجه دارای بزرگترین مقدار خود میباشد.

قدر مطلق دامنه موج عرضی بر روی سطح برشی صفر و بر روی سطح کمکی ماکزیمم است . چنانکه محور زوج نیرو در امتداد محور Y باشد روابط (۱) و (۲) بشکل زیر تغییر میکنند.

$$(U_{iP})_Y = \frac{d}{4\pi\rho a^2 r} |\sin 2\nu \sin\phi| \begin{bmatrix} \sin\nu \cos\phi \\ \sin\nu \sin\phi \\ \cos\nu \end{bmatrix} f'(t - \frac{r}{a}) \quad (۳)$$

$$(U_{is})_Y = \frac{d}{\epsilon \pi \rho \beta^2 r} \left| \sqrt{1 - \sin^2 \nu \sin^2 \varphi} \cdot \cos \nu \right| \begin{array}{l} \frac{\sin^2 \nu \sin^2 \varphi}{\sqrt{1 - \sin^2 \nu \sin^2 \varphi}} \\ \sqrt{1 - \sin^2 \nu \sin^2 \varphi} \\ \frac{\sin^2 \nu \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 - \sin^2 \nu \cdot \sin^2 \varphi}} \end{array} f'(t - \frac{r}{\beta}) \quad (4)$$



شکل (۲) نمودار روابط (۳) و (۴) میباشد

شکل (۲) - توزیع جهت و اندازه دامنه موج طولی و عرضی محور زوج نیرو

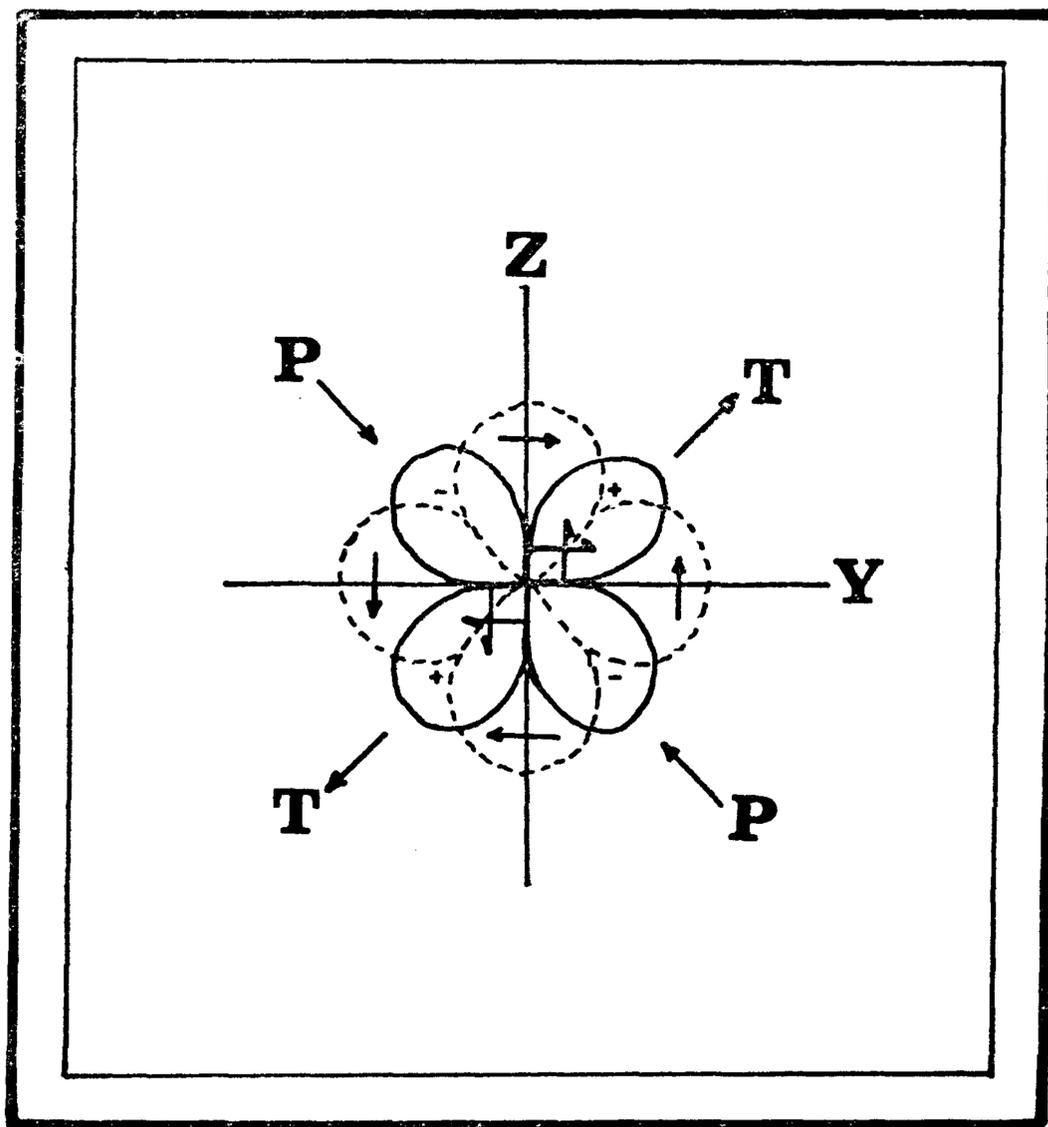
در امتداد محور y میباشد خط پر: موج طولی، خط چین: موج عرضی

Fig. 2. P- and S-wave radiation pattern for single couple. Dipole axis in

Y- direction. Solid lines P-wave, Dashed lines S-wave,

شکل های (۱) و (۲) از نظر توزیع دامنه موج طولی یکسان میباشند اما توزیع دامنه جهت موج عرضی برای آنها یکی نیست. بکمک موج عرضی قادریم سطح برشی را از سطح کمکی تمیز دهیم. یک چنین زوج نیرو را مدل اول پدیده زلزله مینامند.

چنانکه روابط (۱) و (۲) را با هم و (۲) و (۴) را با هم جمع کنیم دو زوج نیروی عمود بر هم خواهیم داشت. توزیع دامنه برای چنین دوزوج نیرو در شکل (۳) نشان داده شد است.



شکل (۳) - توزیع جهت و اندازه دامنه موج طولی و عرضی برای دو زوج نیروی عمود بر یکدیگر
خط پر: موج طولی، خط چین: موج عرضی

Fig. 3 P- and S - wave radiation pattern for double couple.

Legend: Solid lines P - wave, Dashed lines S - wave.

شکل های (۱)، (۲)، (۳)، از نظر توزیع علامت موج طولی کاملاً یکسان میباشند یعنی فقط بکمک موج طولی نمیتوان تشخیص داد که آیا یک زوج نیرو یا دو زوج نیرو عامل بوجود آورنده زلزله

میباشد اما با کاربردن دامنه جهت موج عرضی میتوان تشخیص داد که عامل بوجود آورنده زلزله کدام سیستم نیرو میباشد.

میتوان اثبات نمود که دو زوج نیروی دیگری مانند زوج PP و زوج TT (شکل ۳) که با امتداد دو زوج نیرو در امتداد محورها زاویه ۹۰ درجه میسازند نیز یک چنین توزیع جهت و اندازه دامنه موجهای طولی و عرضی را دارا میباشند.

دو نیروی P و P نمایش دو نیرو بسمت کانون زلزله (Pressure) بوده در صورتیکه دو نیروی T و T نمایش دو نیروی بسمت خارج کانون زلزله (Tension) میباشد.

در شکل های (۱) و (۲) سطح برش (Fault Plane) سطحی است که زوج نیرو در دو طرف آن قرار دارد در صورتیکه در شکل (۳) نمیتوان گفت کدام سطح، سطح برشی میباشد.

برای نشان دادن چگونگی وقوع یک زلزله کفایت که وضع سیستم محوره های XYZ و یا سیستم محوره های BPT مشخص شود. محور B در اینجا عمود بر سطح کاغذ میباشد و همان محور Z است. محور صفر و یا محوری که در آن امتداد نیروئی وارد نمیشود نامیده میشود.

از مطالعه ریاضی بالا نتیجه میشود:

۱- امتداد نیروهای P و یا امتداد نیروهای T با سطح برشی زاویه ۹۰ درجه میسازد.

۲- امتداد نیروهای P عمود بر امتداد نیروهای T میباشند.

۳- امتداد فشار بسمت کانون زلزله (P) عمود بر چین خوردگی (Fold) میباشد.

۴- امتداد B عمود بر P و T است و راستائی را نشان میدهد که در امتداد آن نیروئی وارد نمیشود.

زلزله شناسان کشور روسیه معتقدند که عامل بوجود آورنده زلزله سیستم زوج نیرو یعنی مدل اول میباشد. در ده سال اخیر برای زلزله شناسان آمریکائی و ژاپنی مسلم گردیده است که عامل بوجود آورنده زلزله دو زوج نیروی عمود بر هم میباشد. نویسنده مقاله در تحقیقاتی که در این زمینه نموده است اثبات میکند که زلزله واقعه ای است که حداقل از دو مرحله (مرحله شروع و مرحله اصلی) تشکیل شده است. بکمک نرزه نگارهای با زمان متناوب مختلف میتوان از مراحل مختلف زلزله آگاهی حاصل نمود. نویسنده مقاله عامل بوجود آورنده زلزله را غالباً دو زوج نیرو میداند. امتداد، جهت و بزرگی نیروها در مرحله شروع زلزله تغییر میکنند و پراکنندگی این نیروها برای یک منطقه در این مرحله زیاد میباشد در حالیکه نیروهای مرحله اصلی دارای جهت و امتداد تقریباً ثابتی هستند.

توزیع بردارهای نیرو P, T, B و مقایسه آن با تکتونیک:

پس از مطالعه ریاضی نیروهای بوجود آورنده یک زلزله که در فصل قبل بعمل آمد اینک سعی

میشود که نتایج حاصل از این مطالعه ریاضی از نظر تکنیکی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد و وضع تکنیکی با نتایج حاصل مقایسه گردد.

آگاهی از وضع و چگونگی نیروها در داخل زمین برای علم ژئولوژی و ژئوفیزیک لازم و ضروری میباشد و چین خوردگی‌ها و جابجائی‌هایی که در سلسله کوهها مشاهده میشوند نشان میدهند که هنگام بوجود آمدن آنها یک میدان نیروی غیرهیدرواستاتیکی و یا عبارت دیگر یک نوع عدم تعادلی موجود بوده است. بکمک امواج زلزله میتوان جهت و اندازه نیروهای موجود در یک منطقه اطراف کانون زلزله را محاسبه و تعیین نمود. با مطالعه جهت موج طولی و همچنین با مطالعه جهت و پلاریزاسیون موج عرضی میتوان مکانیسم زلزله و یا چگونگی وقوع زلزله (Focal Mechanism) را تعیین نمود. چگونگی تعیین مکانیسم راحل زلزله و یا (Fault Plane Solution) مینامند. برای تعیین مکانیسم یک زلزله کره‌ای بمرکز کانون زلزله در اطراف کانون فرض میشود و جهت موج طولی و عرضی و زاویه پلاریزاسیون موج عرضی که در پایگاههای لرزه نگاری ثبت شده‌اند بر روی این کره که کانون (Focal Sphere) نام دارد انتقال داده میشوند و سپس این کره بر روی یک سطح افقی و مماس بر کره بنحو تصویر استرئوگرافی (Stereographic Projektion) و یا بنحو تصویر با مساحت ثابت (Equal Area Projektion) (شبکه شمیت) تصویر میشود. اکنون بکمک جهت موج طولی و عرضی و زاویه پلاریزاسیون موج عرضی میتوان جهت و راستای نیروهای بوجود آورنده زلزله و همچنین نوع سیستم نیروها را تعیین نمود. در این مقاله مکانیسم ۱۰۶ زلزله مورد مطالعه قرار میگردد (جدول). زلزله‌های شماره ۱ تا ۱۰ از گزارش شماره ۳۴ مؤسسه ژئوفیزیک گرفته شده‌اند. مکانیسم زلزله‌های شماره ۲۵ و ۲۶ توسط نیازی (M. Niazi ۱۹۶۹) تعیین شده‌اند. بقیه زلزله‌ها از کاتولوگ فارا (Fara ۱۹۶۴) استخراج گردیده‌اند. منطقه مورد مطالعه ناحیه‌ای است که بین ۳۴ تا ۶ درجه طول شرقی و ۳۲ تا ۴۴ درجه عرضی شمالی واقع شده است.

مختصات محورهای P, T, B این زلزله‌ها بر روی شبکه شمیت (Schmidt) رسم شده‌اند. یک محور توسط دو عدد مشخص میگردد:

۱- زاویه بین راستای تصویر این محور بر روی سطح افق با راستای شمالی جغرافیائی که آزیموت (Azimuth) نام دارد.

۲- زاویه بین محور و تصویر افقی آن که زاویه میل و یا (Plunge) نامیده میشود.

هر قدر محوری با راستای قائم نزدیک تر شود طول تصویر افقی آن نیز کوچکتر میگردد. پس اندازه طول تصویر افقی نشان دهنده چگونگی قرار گرفتن محور میباشد. چنانکه طول تصویر برابر شعاع شبکه باشد در این صورت محور کاملاً افقی قرار دارد و اگر تصویر محور در مرکز شبکه تبدیل بیک نقطه شود در این صورت محور کاملاً قائم میباشد.

Catalogue of earthquake fault plane solutions of
North Region of Iran

No.	Date	Coordinate		M	P-Axes		T-Axes		B-Axes		Depth
					Az	Plunge	Az	Plunge	Az	Plunge	
1	22.02.53	35,8N	55,0E	6,5	32°	23°	122°	3°	220°	65°	0,00
2	3.02.56	34,0	47,0	6,5	30	15	105	50	306	50	»
3	12.04.56	37,1	50,1	5,5	355	35	85	50	263	58	»
4	16.03.57	35,7	52,5	5,0	20	15	235	65	238	50	»
5	2.07.57	36,2	52,7	7,3	30	26	300	2	78	18	»
6	13.12.57	34,6	47,7	6,9	53	3	325	72	144	20	»
7	14.08.58	34,5	48,0	5,5	15	10	95	14	330	85	»
8	16.08.58	34,4	48,2	6,5	10	10	281	21	105	60	»
9	1.05.59	36,5	52,0	5,5	30	20	140	50	285	35	»
10	1.09.62	35,7	49,9	7,2	33	31	346	49	115	60	»
11	12.02.53	35,0	54,1		213	23	121	3	24	66	»
12	12.02.53	35,2	55,0	5,0	144	18	31	51	246	33	»
13	3.02.56	32,5	46,0	5,0	217	14	107	53	316	33	»
14	16.03.57	33,5	52,5	5,0	201	13	324	67	106	19	»
15	2.07.57	36,1	52,5		107	5	203	51	13	38	»
16	2.07.57	36,1	52,5	7,4	107	5	203	51	13	38	»
17	2.07.57	36,0	53,0		209	26	300	2	34	64	»
18	2.07.57	36,0	53,0	7,3	339	10	93	66	245	20	»
19	2.07.57	36,0	52,5	6,5	20	8	263	73	112	15	»
20	13.12.57	34,5	47,8		113	27	328	58	211	16	»
21	13.12.57	34,5	47,8		113	27	328	58	211	16	»
22	13.12.57	34,0	47,0	6,5	53	3	315	72	144	18	»
23	13.12.57	34,1	47,1		289	15	189	34	39	46	»
24	1.05.59	36,5	51,5	5,0	30	20	145	49	286	34	»
25	31.08.68	34,0	59,0	7,3	52	2	140	6	320	78	»
26	1.09.68	34,0	58,2	6,3	244	27	338	12	88	63	»

No.	Date	Coordinate		M	P-Axes		T-Axes		B-Axes		Depth
					Az	Plunge	Az	Plunge	Az	Plunge	
27	1.06.52	38,3	55,4		291	65	75	21	170	14	0,00
28	16.07.53	37,9	58,2		205	85	25	5	295	0	»
29	26.07.53	38,0	58,3		262	54	180	6	86	35	»
30	26.07.53	38,0	58,3		86	54	182	6	276	35	»
31	5.08.53	37,7	58,5		327	11	76	58	231	29	»
32	8.08.53	38,0	58,2		38	5	140	65	306	25	»
33	9.08.53	38,1	58,2		31	2	125	61	300	29	»
34	10.07.51	39,8	54,2		320	51	55	4	149	38	»
35	16.07.51	39,1	54,7		54	37	149	6	247	53	»
36	7.08.51	39,5	54,5		210	9	110	46	309	42	»
37	4.09.51	39,9	54,0		48	8	316	12	170	62	»
38	5.09.51	39,8	54,4		230	1	140	46	231	44	»
39	9.09.51	39,8	54,0		243	39	318	6	76	50	»
40	11.09.51	39,1	54,8		196	45	16	45	286	0	»
41	24.09.51	39,9	54,1		193	16	80	55	293	30	»
42	10.10.51	39,7	54,3		340	44	238	12	136	43	»
43	13.10.51	39,5	54,9		273	37	8	6	106	52	»
44	22.10.51	39,8	54,6		245	0	335	79	155	11	»
45	1.11.51	39,7	54,6		269	74	65	15	156	6	»
46	28.04.52	39,7	54,8		114	63	228	12	303	23	»
47	2.06.52	39,9	54,2		279	53	12	3	104	37	»
48	25.06.52	39,4	54,7		164	34	6	54	261	10	»
49	15.07.52	38,8	54,9		167	31	30	50	271	22	»
50	22.07.52	38,7	55,5		58	74	276	13	183	9	»
51	24.08.52	39,1	54,9		196	3	292	62	105	28	»
52	2.09.52	38,9	55,6		155	44	53	12	311	44	»
53	15.09.52	38,9	55,4		310	32	212	12	105	53	»

No.	Date	Coordinate	M	Az	Plunge	Az	Plunge	Az	Plunge	Dopth
54	20.12.50	41,2 44,0		253	76	73	14	343	0	0,00
55	24.12.50	41,2 43,7		39	25	219	65	309	0	»
56	2.11.51	42,2 44,4	5,0	201	29	352	58	104	14	»
57	18.02.52	42,5 45,1		184	69	15	21	284	4	»
58	13.05.52	40,7 48,3		179	60	326	26	63	14	»
59	19.06.52	44,5 45,0		337	35	127	52	236	15	»
60	8.09.52	41,6 48,7		338	15	181	74	70	6	»
61	29.09.52	41,3 43,9		6	34	230	47	113	23	»
62	3.01.53	42,5 44,9		317	31	139	59	48	1	»
63	22.01.53	41,8 45,1		182	58	341	25	60	3	»
64	12.02.53	41,8 43,9		9	9	239	76	100	11	»
65	26.02.53	43,5 43,9		214	55	105	13	6	31	»
66	27.02.53	42,8 46,8		368	43	154	23	44	38	»
67	3.05.53	40,7 48,1		100	74	7	1	276	16	»
68	6.05.53	40,9 47,1		62	48	223	40	321	9	»
69	27.05.53	41,2 45,3		141	67	294	20	28	9	»
70	18.06.53	42,5 44,8		334	72	72	3	163	18	»
71	18.07.53	41,3 43,9		334	72	72	3	163	18	»
72	4.08.53	40,9 47,8		224	57	9	29	108	15	»
73	16.08.53	40,3 45,5		211	6	310	57	118	32	»
74	16.08.53	40,3 45,5		337	41	166	49	71	4	»
75	2.09.53	41,1 47,4		230	43	350	29	102	34	»
76	2.09.53	41,0 47,4	5,0	224	23	65	66	317	8	»
77	4.09.53	40,8 48,5		18	75	207	15	116	2	»
78	10.09.53	41,0 47,3		184	53	15	37	281	5	»
79	13.09.53	41,2 43,8		177	45	63	23	315	36	»

ξ .

No.	Date	Coordinate	M	Az	Plunge	Az	Plunge	Az	Plunge	Depth
80	16.09.53	41,1 47,4		91	62	239	62	335	13	00,0
81	27.09.53	40,4 45,8		146	17	256	49	43	36	»
82	28.09.53	40,4 45,8		347	49	150	39	247	9	»
83	28.09.53	40,4 45,8		2	85	182	5	272	0	»
84	8.10.53	40,3 47,9		82	67	172	0	262	23	»
85	17.11.53	43,1 45,9		91	37	284	53	186	6	»
86	2.12.53	41,2 44,0		55	16	273	69	149	12	»
87	3.12.53	43,0 45,8		15	56	277	6	182	33	»
88	10.12.53	41,0 44,3		279	25	34	42	168	38	»
89	14.12.53	40,9 44,1		358	25	229	54	100	25	»
90	1.01.54	42,5 45,3		196	29	343	47	88	25	»
91	3.02.54	41,8 44,4		52	5	232	85	322	0	»
92	7.03.54	43,0 45,6		270	15	71	74	179	5	»
93	31.03.54	41,3 44,0		232	60	4	22	102	20	»
94	15.04.54	43,0 46,4		346	60	119	21	217	20	»
95	21.04.54	42,8 45,9		306	6	44	54	212	35	»
96	23.04.54	42,8 45,9		152	5	344	82	203	6	»
97	7.06.54	42,6 44,7		320	73	106	14	199	9	»
98	11.06.54	41,4 44,1		275	10	144	75	7	11	»
99	11.06.54	41,4 44,1		130	80	272	8	3	6	»
100	19.07.54	41,6 44,1		31	23	251	61	128	17	»
101	29.07.54	41,2 44,0		186	7	305	75	94	13	»
102	30.07.54	41,2 44,0		17	14	251	67	112	18	»
103	30.10.54	40,4 45,8	5,0	9	25	177	64	277	5	»
104	21.03.56	40,7 48,3	5,0	212	29	340	48	105	28	»
105	6.05.58	42,8 47,6	5,0	212	18	329	51	114	33	»
106	16.05.58	41,2 43,8	4,5	40	8	287	71	152	18	»

شکل های ۴ و ۵ و ۶ چگونگی توزیع محورهای B, T, P را نشان میدهد.

اکنون چگونگی قرار گرفتن محورهای B, T, P برای زلزله های نامبرده را مورد بررسی قرار میدهیم:

زلزله های منطقه کرمانشاه تا مشهد: محورهای P آنها در راستای شمال شرقی- جنوب غربی واقع میباشد و زاویه میل این محورها اغلب کمتر از ۳۰ درجه (شکل ۷) است. در صورتیکه راستای محورهای T بیشتر در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی قرار دارند و زاویه میل آنها اغلب بیشتر از ۳۰ درجه است (شکل ۸).

با توجه باینکه چین خوردگی سلسله جبال در این مناطق بیشتر شمال غربی- جنوب شرقی است، نتیجه میشود که محورهای P عمود بر چین خوردگی قرار میگیرند و این محورها تقریباً افقی میباشند در حالیکه محورهای T که نمایش کشش هستند در امتداد سلسله جبال قرار گرفته اند. زاویه ای که محورهای P با برش های سطحی درست میکنند در حدود ۵۰ درجه میباشد. محورهای B این زلزله ها راستای مشخص را نشان نمیدهند.

مطالعه زلزله های شمال شرقی نشان میدهد که در این جا نیز محورهای P (فشرده شدن) عمود بر امتداد سلسله جبال این منطقه میباشند. زاویه میل این محورها اغلب بین صفر و ۵۰ درجه هستند (شکل ۹). برای زلزله های این منطقه محورهای B در امتداد سلسله جبال در راستای شمال غربی- جنوب شرقی قرار میگیرند (شکل ۱۰) در حالیکه محورهای T امتداد معینی را نشان نمیدهد.

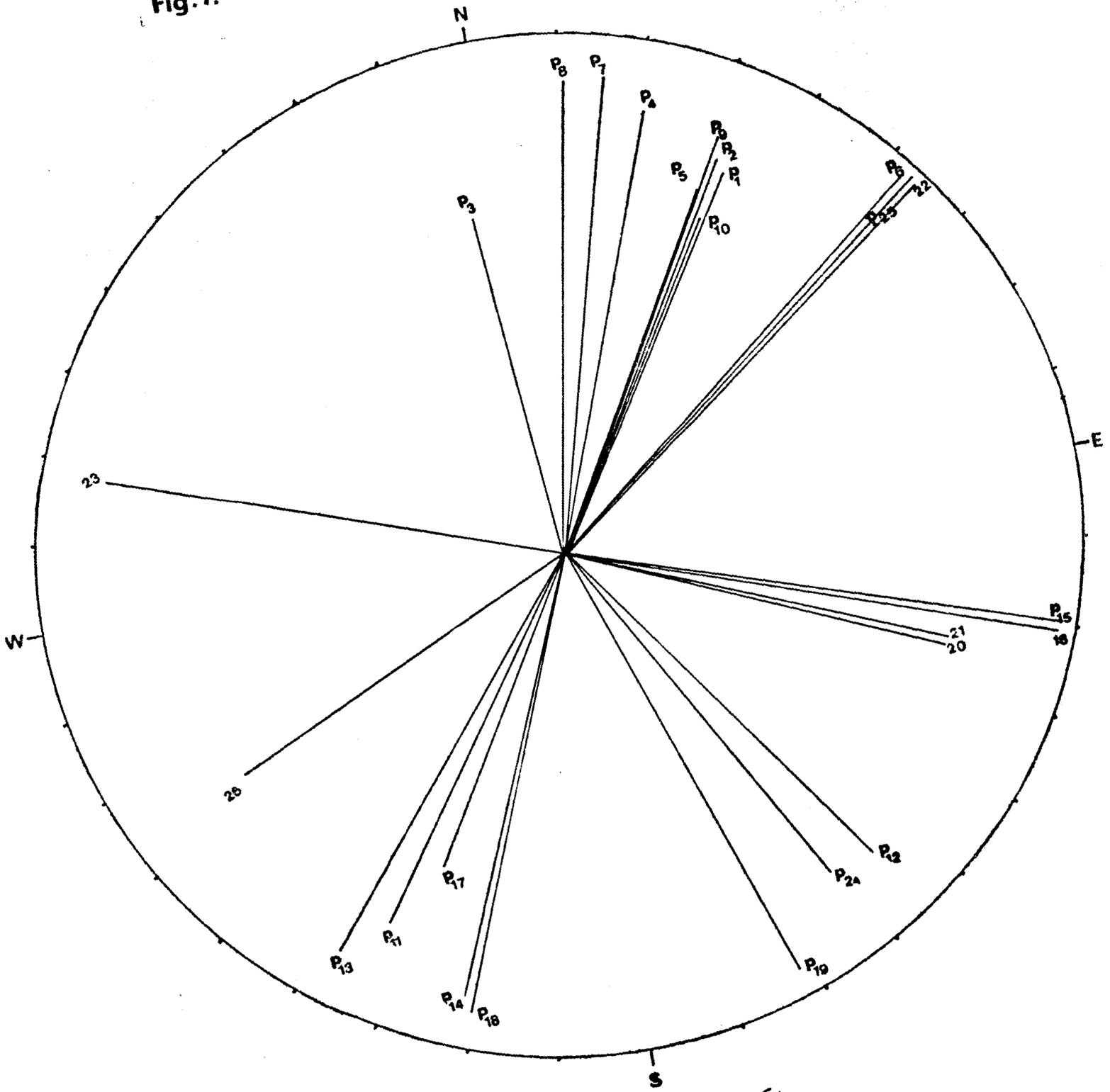
بررسی زلزله های شمال غربی نشان میدهد که در آنجا نیز محورهای P عمود بر سلسله جبال و در راستای شمال شرقی- جنوب غربی قرار دارند (شکل ۱۱) در حالیکه محورهای B و T بیشتر در امتداد شمال غربی- جنوب شرقی واقع میباشند. زاویه میل محورهای اغلب بیشتر از ۳۰ درجه است در حالیکه محورهای B دارای زاویه میل کمتر از ۳۰ درجه هستند (شکل ۱۲).

نتایج حاصل

- بکمک مدل ریاضی از برای زلزله، عامل بوجود آورنده زلزله ها یعنی نیروها برای ۱۰۶ زلزله محاسبه شده اند و چگونگی قرار گرفتن این نیروها با وضع تکتونیکی منطقه مورد نظر مقایسه گردید و نتایج زیر بدست آمد:
- ۱- امتداد بردارهای نیرو P (فشار بسمت کانون زلزله) با برش های سطحی زاویه حدود ۵۰ درجه میسازند و اغلب دارای زاویه میل کمتر از ۳۰ درجه میباشند.
 - ۲- امتداد نیروهای P عمود بر چین خوردگی سلسله جبال هستند و در راستای شمال شرقی و جنوب غربی واقع میباشند.
 - ۳- راستای نیروهای T (کشش بسمت خارج کانون زلزله) برای منطقه کرمانشاه تا مشهد و

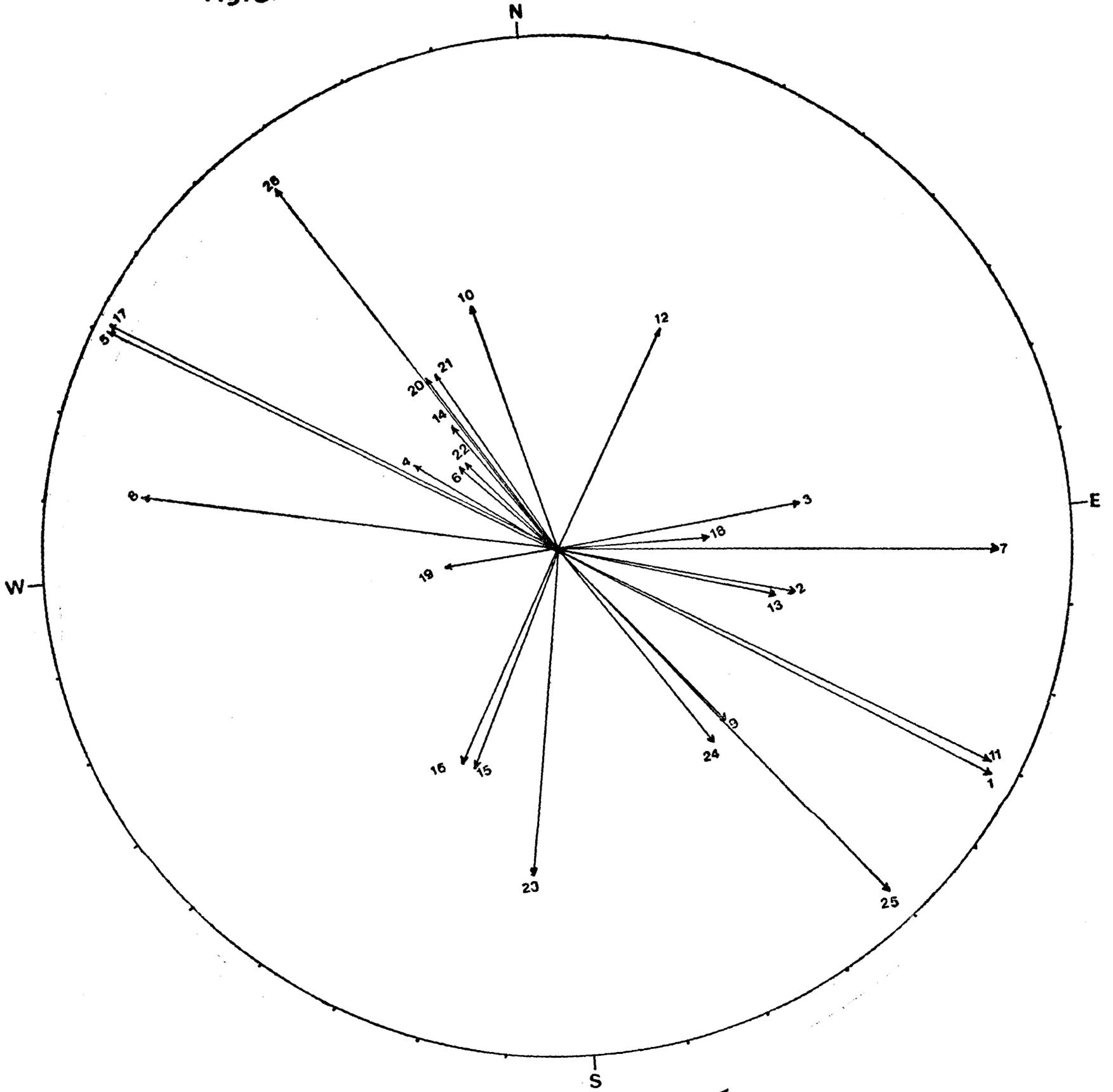
۴۲

Fig.7. P-axes of central region.



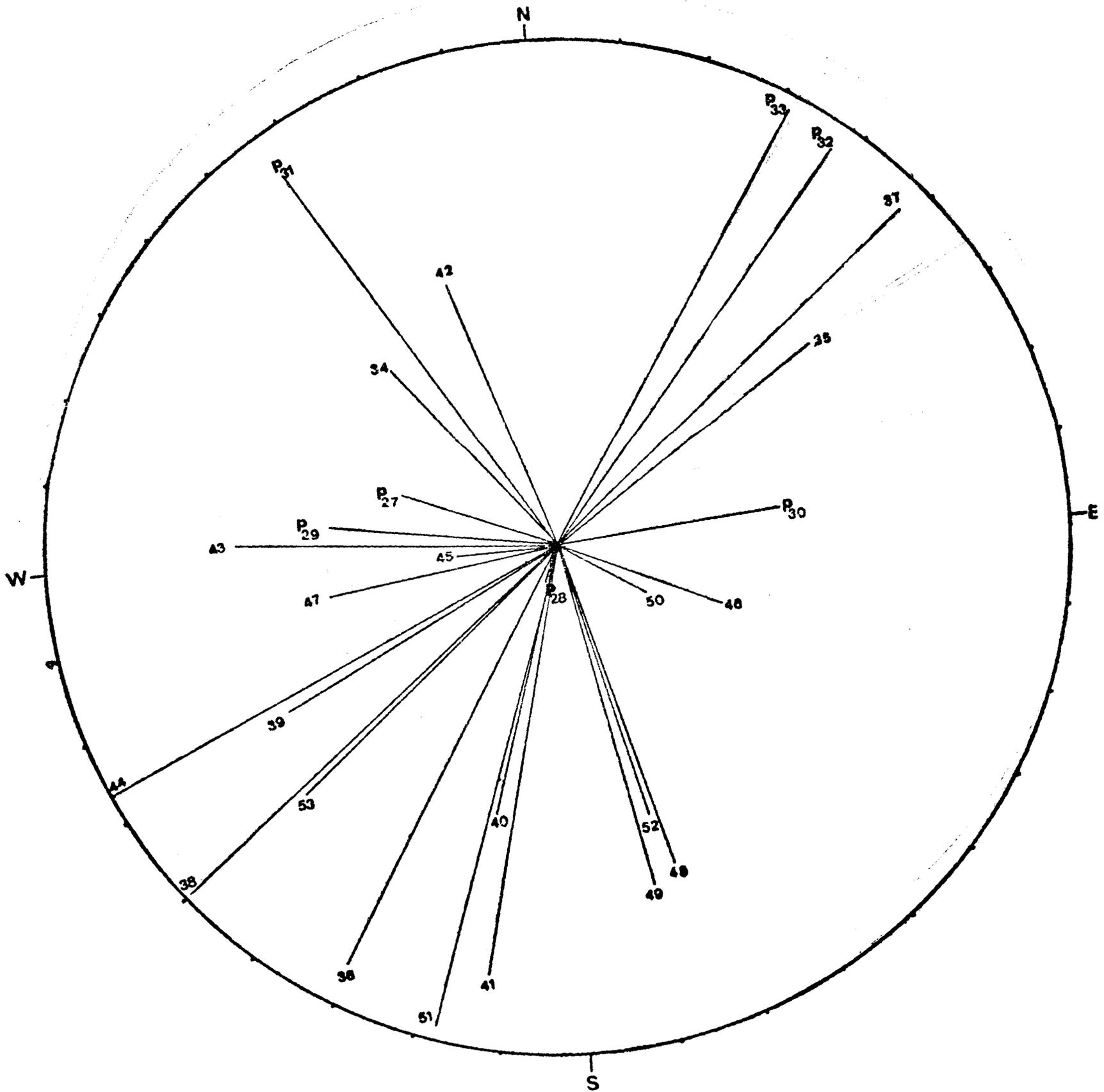
شکل ۷- محورهای P مناطق مرکزی

Fig.8. T-axes of central region.



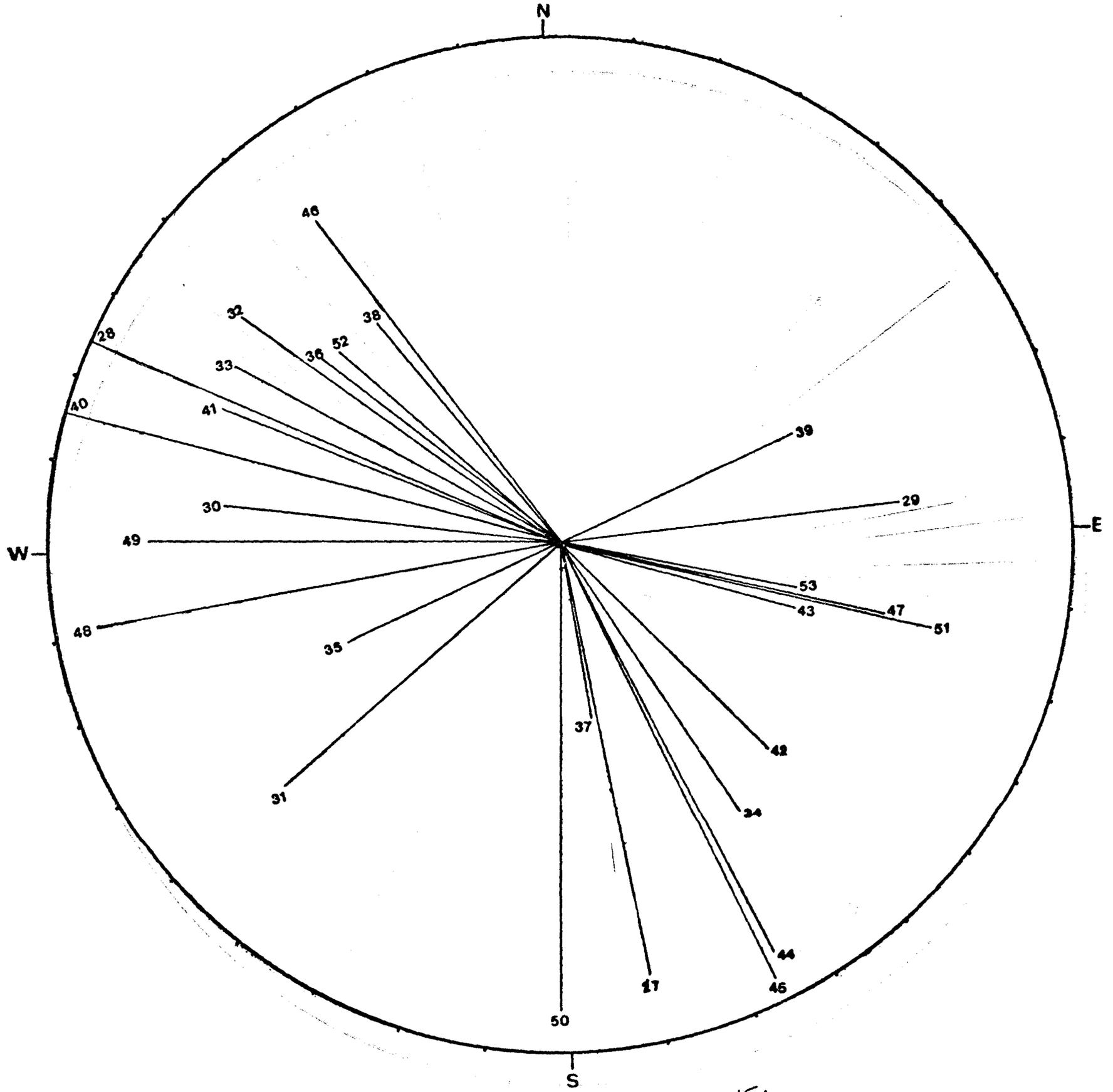
شکل ۸ - محورهای T مناطق مرکزی

Fig.9. P-axes of north east region .



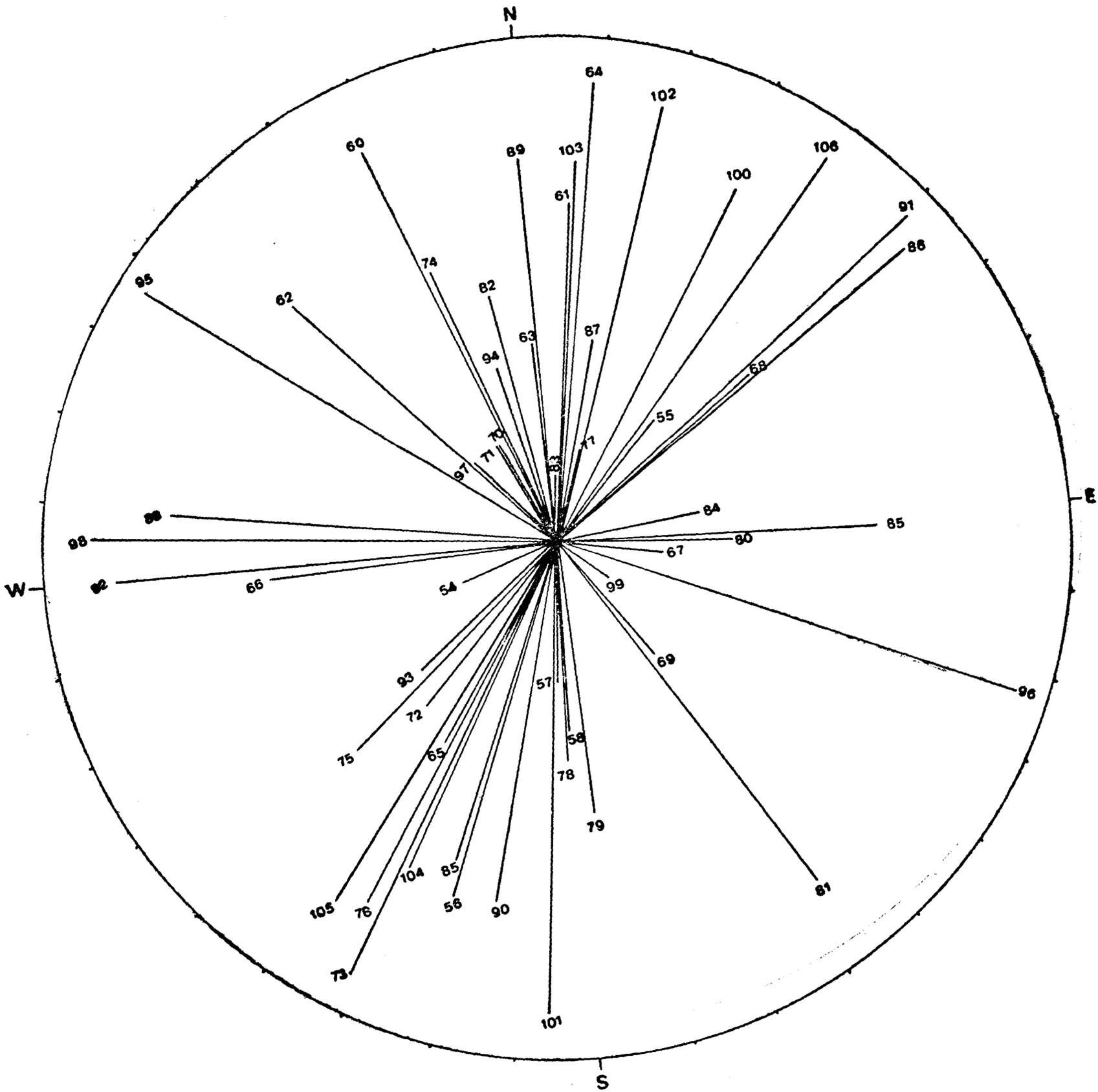
شکل ۹- محورهای P مناطق شمال شرقی

Fig.10. B-axes of north east region.



شکل ۱۰ - محورهای B مناطق شمال شرقی

Fig. 11. P-axes of north west region.



شکل ۱۱- محورهاى P مناطق شمال غربى

شمال غربی در امتداد سلسله جبال قرار دارند در حالیکه راستای محورهای B (محور صفر) برای منطقه شمال شرقی در امتداد سلسله جبال قرار میگیرند.

۴- مدل ریاضی زلزله با وضع تکتونیکی مطابقت دارد.

از آقای دکتر خسرو معظمی گودرزی و آقای دکتر محمد ثبوتی جهت تبادل نظر و مشورت متشکرم.

همچنین از آقای محمد تقی ترکشی جهت رسم شکل ها و نقشه ها نهایت تشکر را دارم.

References

Honda, H. (1962), Earthquake mechanism and seismic waves. Geophysical Notes Vol. 15, Supplement.

Heintke, H. (1967). Bearbeitung einer Vortragsreihe von Knopff. Met. u. Geophys. Inst. Universitaet Frankfurt a. M.

Akascheh, B. (1968). Vergleichende Untersuchung des mechanischen Vorgangs in Erdbebenherden aus Aufzeichnungen kurzperiodischen und langperiodischer Seismographen. Met. u. Geophys. Inst. Universitaet Frankfurt a. M.

Akascheh, B. ; Berckhemer, H. (1970). Proceeding of the X Assembly of the ESC. Volume II. pp. 334 - 360. Academy of Sciences of the USSR, Moscow.

Progress Report, Seismicity of North Central Iran Pub. No. 34 Nov. 1966.

Fara, H. D. (1964). A new catalogue of earthquake fault plane solution. Bulletin of the Seismological Socal Society of America. Vol. 54, No. 5, Part A pp. 1491 - 1517.

Niazi, M. (1969). Source dynamics of Dasht - e - Bayaz earthquake of August 31, 1968. Bulletin of the Seismological Society of America Vol. 59, No. 5 pp. 1843 - 1862,