

بررسی نوزمین ساختمانی پهنه رومرکز مهلزهای زمین لرزه دهم شهریور ۱۳۴۱ بوئین زهرا در ناحیه دشت قزوین و باختر تهران ($M_s=7.2$)

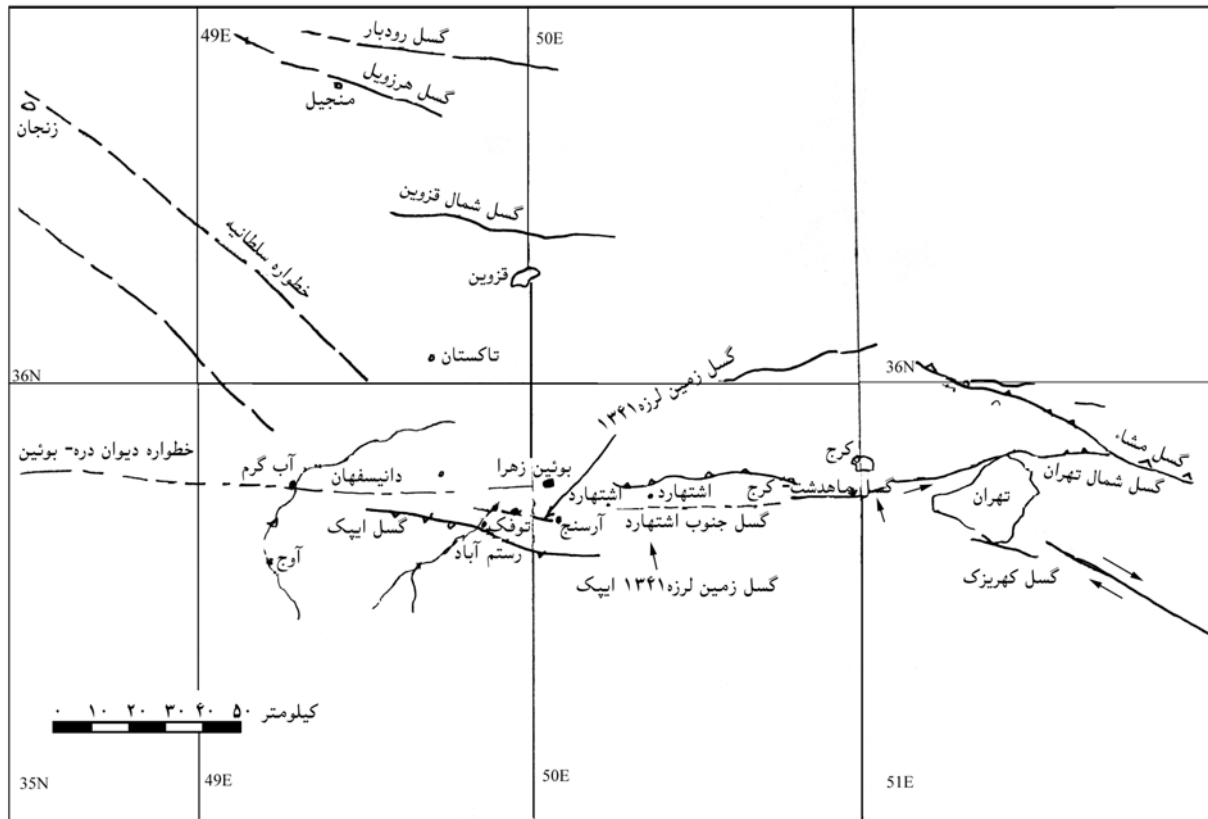
۱- چکیده

زمین لرزه دهم شهریور ۱۳۴۱ (اول سپتامبر ۱۹۶۲) با بزرگای $M_s=7.2$ در پهنه باختری تهران و جنوب قزوین و تاکستان، موجب تلفات زیاد (بیش از ۱۲ هزار نفر کشته)، تخریب روستاهای منطقه و ویرانی شهر کوچک بوئین زهرا در نزدیکی پهنه رومرکزی گردید. این زمین لرزه در راستای مرز ساختاری با روند تقریباً خاوری- باختری در باختر تهران رخ داده است. در این مقاله بیان شده است که قطعه گسله فعال- شده به صورت آن- اشلان و در امتداد کلی سامانه گسل شمال- تهران، ماهدشت- کرج، جنوب اشتهارد، ایپک خطواره دیوان دره- بوئین قرار گرفته است. رخداد زمین لرزه ۱۳۴۱ هجری خورشیدی ۷۸۵ سال پس از زمین لرزه تاریخی ۵۵۶ هجری خورشیدی بوئین زهرا، نمایانگر جنبای بودن و بازگشت زمین لرزه های مخرب و بزرگ در راستای همین قطعه گسله است. در این مقاله ضمن مروری بر زمین لرزه بوئین زهرا، به ساختارهای بنیادی منطقه، لرزه خیزی و تحلیل نو زمین ساختمانی پهنه رومرکزی پرداخته شده است. علاوه بر آن، با ترسیم روند خطواره های بنیادی ناحیه با استفاده از تصویرهای رقومی شده ماهواره ای، نشان داده شده است که روند عمومی خاوری- باختری سامانه گسلی شمال تهران- خطواره دیوان دره- بوئین زهرا با راستای گسلها و خطواره های شمال باختر- جنوب خاور تلاقی های ساختاری مهمی در شمال تهران تا جنوب باختری کرج و جنوب قزوین و شمال آوج ایجاد نموده است. قطعه گسل جنبای شده به موازات گسل ایپک در زمان زمین لرزه ۱۳۴۱ بوئین زهرا در حد فاصل چند تلاقی مهم ساختاری دچار گسیختگی شده است. در این مقاله گزارش مختصری نیز از پهنه رومرکز مهلزهای زلزله بوئین زهرا در حال

حاضر (حدود ۴۰ سال پس از رخداد زمین لرزه) ارائه شده است. **کلیدواژه ها:** زمین لرزه ۱۳۴۱ بوئین زهرا، گسل ایپک، گسل شمال تهران، تلاقی های ساختاری، لرزه زمین ساخت، گسل زمین لرزه ای.

۲- مقدمه

زمین لرزه اول شهریور ۱۳۴۱ هجری خورشیدی با بزرگای $M_s=7.2$ و $mb=6.9$ پهنه وسیعی در ناحیه دشت- قزوین و باختر تهران را بشدت به لرزه در آورد (شکل ۱). این زمین لرزه در برآوردهای رسمی با ۱۲۲۲۵ کشته، ۲۷۷۶ مجروح و تخریب ۲۱۰۰۰ خانه همراه بود [۱ و ۲]. ناحیه رومرکزی در جنوب شهر بوئین زهرا و از شمال آوج (آبگرم) در باختر، تا شمال ساوه (دوزج) و باختر تهران (جنوب کرج) در خاور، گسترده شده بود. در این بررسیها ضمن جستجو در راستای گسیختگی های سطحی زمین لرزه ای که بر روی نقشه آورده شده اند، وضعیت روستاهای پهنه رومرکزی این زلزله به صورت مقدماتی بررسی شده است. در این مقاله نتایج اولیه این بررسیها، به همراه مروری بر لرزه خیزی ناحیه ای منطقه زلزله زده و تحلیل نو زمین ساختمانی ناحیه ارائه شده است. همچنین پهنه های تلاقی های ساختاری که در راستای پهنه ساختاری سامانه گسلی شمال تهران، ماهدشت- کرج، جنوب اشتهارد، ایپک تا خطواره دیوان دره- بوئین (با روند خاوری- باختری)، با روندهای گسلها و خطواره های با راستای شمال باختر- جنوب خاور، گسل مشاء، خطواره کرج، گسل ایوانکی، خطواره های اشتهارد، تاکستان، سلطانیه، ابهر و آبگرم بررسی و از دیدگاه خطر لرزه خیزی و گسیختگی مجدد مورد توجه واقع شده اند.



شکل (۱): پهنه رومرکزی زلزله دهم شهریور ۱۳۴۱ بوئین زهرا در باختر تهران و جنوب دشت قزوین

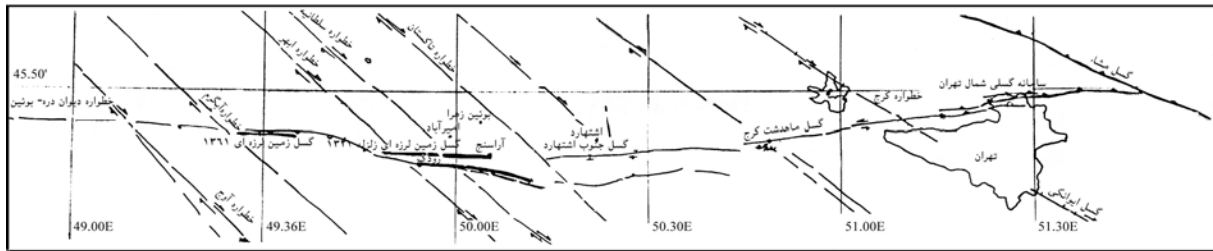
الف) روند تقریباً خاوری- باختری: $N82E-N87W$ سامانه گسلی شمال تهران، $N83E-90W$ گسلهای ماهدشت- کرج و جنوب اشتهارد و $N80-90E$ گسل ایبک با سازوکارهای معکوس تا راندگی و گاهی با تغییرمکانهای راستالغز چپگرد، که به صورت قطعات گسلی آن- اشلان به صورت پی در پی و در دنبال یکدیگر قرار گرفته است. این روند در سوی باختر، در راستای خطواره دیوان دره- بوئین ادامه می‌یابد (شکل ۲).

ب) روندهای بنیادی شمال باختر- جنوب خاوری: $N60-70W$ گسلهای مشاء و ایوانکی، $N45-55W$ خطواره های کرج، اشتهارد، تاکستان، سلطانیه، ابهر و آب گرم با سازوکارهای فشاری تا راندگی و گاهی با تغییرمکانهای راستالغز راستگرد (شکل ۳). در شکل (۳) نشان داده شده است که روندهای بنیادی شمال باختر- جنوب خاور و خاوری- باختری در چندین محل (در محل کلان: تلاقی ساختاری گسلهای مشاء، شمال تهران و ازگیل دره؛ تلاقی خطواره کرج با گسل شمال تهران و در ماهدشت، اشتهارد، خاور

در بررسیهای حاضر از مشاهدات صحرائی، داده های عکسهای هوایی $1:55,000$ ، داده های رقومی شده ماهواره ای به مقیاس $1:500,000$ ، نقشه های توپوگرافی به مقیاسهای $1:25,000$ و $1:50,000$ بهره گیری شده است. استفاده از داده های لرزه خیزی در حد دسترسی به داده های دور لرزه ای انجام شده، ولی امکان بررسی داده های محلی (آرایه پرپود بلند ایران *ILPA*) وجود نداشته و با رجوع به گزارشهای قبلی که از چنین داده هایی در آنها بهره گیری شده است، داده های مربوط به شبکه محلی در حدی که در گزارشهای قبلی مورد استفاده قرار گرفته، بررسی و تلاش شده است تا از نتیجه چنین بررسیهایی در مطالعه حاضر نیز استفاده شود.

۳- زمین ساخت ناحیه ای و گسل زمین لرزه ای

پهنه رومرکز مهلزله ای زلزله دهم شهریور ۱۳۴۱ بوئین زهرا در راستای پهنه گسله ایبک واقع شده است (شکل ۲). این پهنه با راستای گسله ها و خطواره های با راستاهای مزبور در "الف" و "ب" مشخص می‌گردد:



شکل (۳): روندهای اصلی با راستای شمال باختر- جنوب خاور و خاوری باختری در پهنه دشت قزوین- تهران (بر اساس شکل ۲) به محل های تلاقی و موقعیت گسل زمین لرزه بوئین زهرا [۱] توجه شود

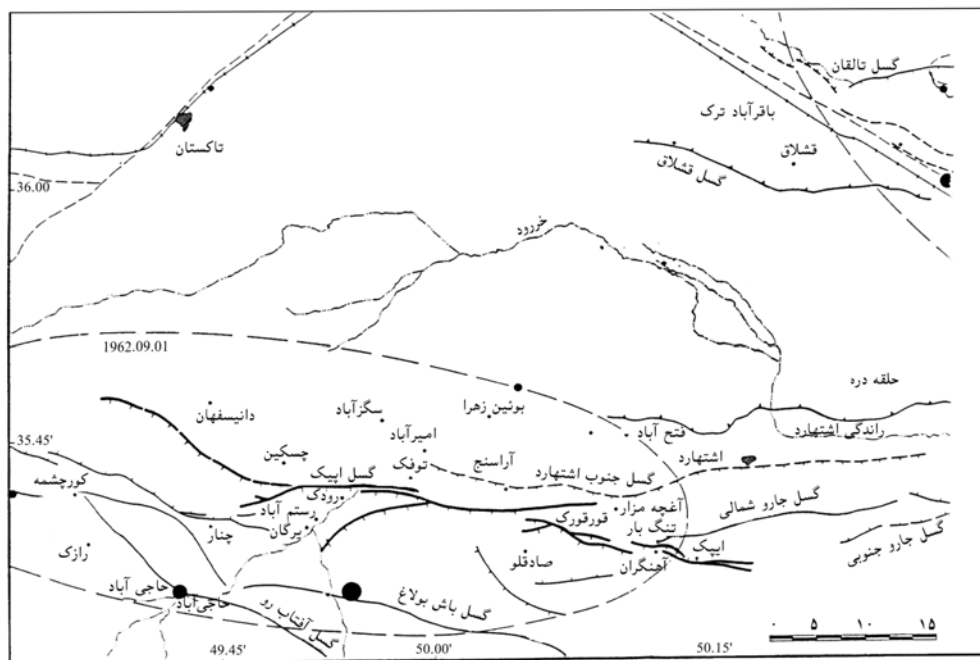
جنوب باختر با راستای $N54-57W$ در ناحیه تهران و $N40-58E$ در ناحیه دشت قزوین با تغییرمکانهای راستالغز چپگرد.

۳-۱- گسل زمین لرزه ای سال ۱۳۴۱ بوئین زهرا

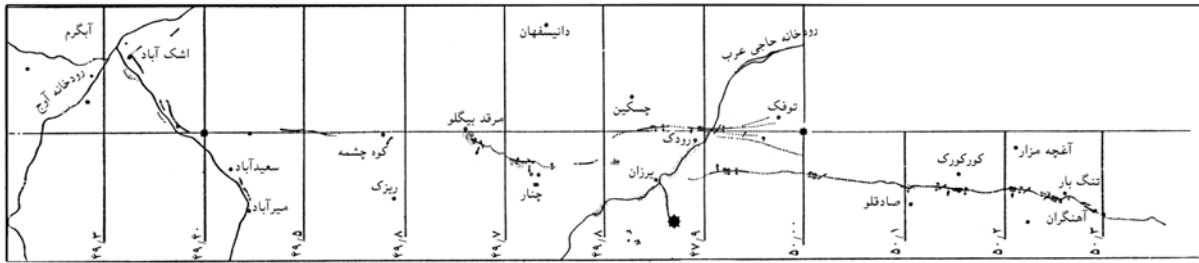
پهنه رومرکز مهلرزه ای زلزله بوئین زهرا به طور تقریباً متقارنی به شکل یک بیضی (شکل ۴) در پیرامون گسل ایپک قرار می گیرد [۴]. زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا با گسیختگی سطحی گسل زمین لرزه ای در راستای تقریبی خاوری- باختری همراه بود (شکل ۵). این قطعات گسله در راستای مرز بین کوه و دشت در جنوب دشت قزوین و در جنوب بوئین زهرا و در ادامه روند گسل جنوب اشتهارد (به سوی باختر) و به موازات گسل قدیمی ایپک در مرز پستی و بلندی یاد شده مشاهده گردید (شکل ۳). قطعه

آراسنج، جنوب و جنوب باختر بوئین و شمال آبگرم) تلاقی های ساختاری مهمی تشکیل می دهند. جالب آن است که قطعه ای از گسل زمین لرزه ای ایپک که در زمین لرزه ۱۳۴۱/۶/۱۰ (و احتمالاً در سال ۵۵۶ خورشیدی) فعال شده است در حد فاصل بین این تلاقی های ساختاری در خاور اشتهارد تا جنوب بوئین و شمال آبگرم واقع است. چنین تلاقی های ساختاری توسط نگارنده در شمال باختری ایران (تبریز) بررسی شده و انطباق جالبی بین پهنه های تلاقی ساختاری و رومرکز زلزله های بزرگ مشاهده می شود [۳].

روندهای ساختاری فرعی دیگر عبارتند از: راستاهای شمال- شمال باختر، جنوب- جنوب خاور (با تغییرمکانهای راستالغز چپگرد) در ناحیه جنوب خاوری و خاور تهران ($N5-32W$)، روندهای فرعی خطواره های شمال خاور-



شکل (۴): نقشه پهنه رومرکز مهلرزه ای زلزله بوئین زهرا [۴]



شکل (۵): گسیختگی های سطحی گسل زمین لرزه ای بوئین زهرا در پهنه رومرکزی [۱]

و به موازات مرز پستی- بلندی و ساختاری بین کوه و دشت در جنوب دشت قزوین (که با گسل ایپک شناخته می‌شود) بر روی زمین رخنمون سطحی داشته‌اند. البته در بازبیدهای انجام شده در سال ۱۳۸۰ و ابتدای سال ۱۳۸۱ محل گسیختگی های سطحی در محل دقیق آنها که بر روی نقشه آورده شده‌اند، مورد واریسی دقیق واقع شده و با توجه به اینکه در بسیاری از قسمتهای آن، محل بریدگی در پای دامنه و بر روی بخش نسبتاً کم شیب مخروط افکنه موجود در محل بوده است، با توجه به فرسایش شدید، بریدگی و تغییرمکان قابل مشاهده نبود. البته در انتهای یکی از قطعه های گسله (در حد فاصل روستاهای آراسنج و رودک) تفاوت پستی- بلندی مهمی در راستای گسل حاصل شده است. بربریان و قرشی [۴] این تغییرمکان را در انتهای گسل جنوب اشتهارد در نظر گرفته‌اند (شکل ۴). اگرچه به نظر می‌رسد که این تغییرمکان در ادامه روند گسیختگی های زمین لرزه ای (در این مورد، احتمالاً مربوط به یک زلزله قدیمی تر از ۱۳۴۱) حاصل جنباشدن گسل ایپک باشد (تصویر ۲، الف). به هر حال از آنجا که روندهای بریدگی سطحی گسل ایپک و گسل جنوب اشتهارد به صورت پی در پی و به دنبال هم واقع شده‌اند، کل این قطعه گسله را می‌توان در این سامانه به دنبال هم در نظر گرفت.

۴- لرزه خیزی

پهنه رومرکزی زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا محل رخداد زلزله‌های مخرب تاریخی، بویژه در راستای گسل ایپک بوده- است. فهرست این زمین لرزه‌ها در جدول (۱) آمده است. در این فهرست رخداد زمین لرزه ۵۵۶ (با برآورد بزرگای $M = 7.2$)

گسلهای زمین لرزه ای در زمان زمین لرزه با گسیختگی های سطحی و تغییر مکانهای قائم (بخش جنوبی بالا آمده بود) و راستالغز چپگرد به صورت ناپیوسته مشهود بوده است (تصویر ۱). تصویر مذکور در شمال آهنگران توسط آمبرسیز [۱] ارائه شده و هم اکنون به دلیل هوازدگی، گسیختگی مورد اشاره قابل مشاهده نمی‌باشد. در جنوب توفک و شمال باختر رودک در حال حاضر مرزهای پستی و بلندی (حد فاصل پادگانه آبرفتی و بخش مسطح مخروط افکنه‌های پای دامنه) قابل مشاهده است (تصویرهای ۲ و ۳). گسیختگی های سطحی



تصویر (۱): گسیختگی گسله در شمال آهنگران (بلافاصله پس از رخداد زلزله) تصویر از آمبرسیز [۱]

گسل زمین لرزه‌ای در جنوب بوئین زهرا و در راستای خاوری- باختری و به صورت قطعه قطعه (آن- اشلان)



ب: مرز آبرفت‌های جوان و بخش مسطح مخروط افکنه



الف: اختلاف پستی و بلندی در جنوب بوئین زهرا



ت: مرز پستی و بلندی در جنوب توفک در راستای گسل ایبک (زمان گرفتن تصاویر، زمستان ۱۳۸۰)



پ: مرز بین کوه و دشت

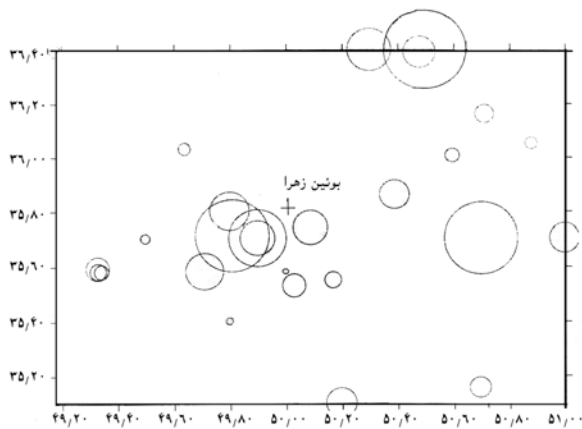
نصویر (۲): اختلاف سطح پستی و بلندی ایجاد شده در راستای ادامه بریدگی گسل زمین لرزه ای در آراسنج (احتمالاً مربوط به پیش از زمان زمین لرزه ۱۹۶۲ بوئین زهرا)



ب



الف



شکل (۶): رومرکز زلزله‌های تاریخی و سده بیستم در پهنه پیرامون بوئین زهرا (جدول ۱)



تصویر (۴): خرابی در دانسفهان (باختر بوئین زهرا) بر اثر زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا [۱]



تصویر (۵): خرابی در جنوب بوئین زهرا بر اثر زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا [۱]

گسترده شده بود. این خرابیها به صورت آسیب کلی و تخریب کامل منازل روستایی در این ناحیه (تصویرهای ۴ تا ۶) گزارش شده است. بخش کوچکی از خرابه های این زلزله پس از گذشت ۴۰ سال از وقوع آن در ناحیه آراسنج قابل مشاهده بوده است (تصویر ۷). همچنین بخش کمتری از این خرابیها در امیرآباد در جنوب بوئین زهرا قابل مشاهده بوده است.



پ

تصویر (۳): مرز بین کوه ودشت در جنوب رودک در راستای گسل ایبک (الف و ب) و در باختر رودک (پ)

توسط آمبرسیز و ملویل [۵] به پهنه بوئین زهرا نسبت داده شده است. همچنین مشخص است که زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا با پس لرزه‌های مهمی (نظیر پس لرزه ۱۳۴۱/۷/۱۳ با بزرگای $mb = 5.5$) همراه بود. رومرکز این زلزله‌ها (تاریخی و سده بیستم) در روی شکل (۶) آورده شده است. بر اساس این شکل، مشخص می‌گردد که پهنه رومرکزی زلزله‌های مهم تاریخی (بویژه زلزله ۵۵۶) دقیقاً در ادامه روند لرزه‌ای بوئین زهرا (به سوی خاور ناحیه زلزله زده در سال ۱۳۴۱)، واقع بوده است. علاوه بر آن با مقایسه روند خاوری-باختری لرزه‌ای قابل مشاهده در شکل (۶) با شکل (۳) می‌توان به لرزه خیز تر بودن روند خاوری-باختری در این ناحیه (نسبت به راستاهای شمال خاور- جنوب باختر و شمال باختر- جنوب خاور) پی برد (روند ساختاری خاوری-باختری، با روند لرزه‌ای خاوری-باختری در شکل ۱ قابل انطباق است).

بررسی داده‌های لرزه‌خیزی محلی در دهه ۹۰ میلادی ناحیه تهران-دشت قزوین، نمایانگر رخداد زلزله‌های با بزرگای کم تا متوسط (۲ تا ۴) و جنب بودن این راستا در ناحیه جنوب کرج و در شمال خاوری تهران (ناحیه لواسان) بوده است [۶].

۵- گستره خسارتها در پهنه رومرکزی، بازسازی و

وضعیت امروزی منطقه

خرابیهای زمین‌لرزه در گستره پهنه رومرکزی در جنوب و جنوب خاور بوئین و دشت قزوین تا شمال آوج (آب گرم)

جدول (۱): فهرست زمین لرزه تاریخی و سده بیستم در پهنه پیرامون بوئین زهرا (۳۵/۰۰ تا ۳۶/۴۰ شمالی و ۴۹/۰۰ تا ۵۱/۰۰ خاوری)

ردیف	تاریخ رویداد	زمان	مختصات رومرکز		FD	بزرگا				مرجع	پهنه رومرکزی
			عرض شمالی	طول شرقی		M _L	M _w	M _s	m _b		
۱	۸۶۴/۰۱/۰۰		۵۱/۰۰۰	۳۵/۷۰۰	۰	۰	۵/۳	۰	۰	Amb	ری
۲	۱۱۱۹/۱۲/۱۰	۱۸	۴۹/۹۰۰	۳۵/۷۰۰	۰	۰	۶/۵	۰	۰	Amb	قزوین
۳	۱۱۷۷/۰۵/۰۰		۵۰/۷۰۰	۳۵/۷۰۰	۰	۰	۷/۲	۰	۰	Amb	بوئین زهرا
۴	۱۶۰۸/۰۴/۲۰	۱۲	۵۰/۵۰۰	۳۶/۴۰۰	۰	۰	۷/۶	۰	۰	Amb	تالقان
۵	۱۸۰۸/۱۲/۱۶	۱۸	۵۰/۳۰۰	۳۶/۴۰۰	۰	۰	۵/۹	۰	۰	Amb	تالقان
۶	۱۸۷۶/۱۰/۲۰	۱۵	۴۹/۸۰۰	۳۵/۸۰۰	۰	۰	۵/۷	۰	۰	Amb	
۷	۱۹۰۱/۰۵/۲۰	۱۲:۲۹	۵۰/۴۸۰	۳۶/۳۹۰	۰	۰	۵/۴	۰	۰	Amb	
۸	۱۹۶۲/۰۹/۰۱	۱۹:۲۰:۵۰	۴۹/۸۱۰	۳۵/۷۱۰	۲۱	۲۱	۷/۲	۶/۹	۴/۹	Amb	بوئین زهرا
۹	۱۹۶۲/۰۹/۰۱	۲۰:۲۷:۴۰	۴۹/۹۳۰	۳۵/۸۶۰	۴۰	۴۰	۰	۴/۰	۰	NOW	
۱۰	۱۹۶۲/۰۹/۰۲	۰۷:۱۲:۰۴	۴۹/۳۳۰	۳۵/۵۹۰	۴۸	۴۸	۰	۵/۰	۰	NOW	
۱۱	۱۹۶۲/۰۹/۰۲	۱۳:۲۱:۱۸	۴۹/۶۴۰	۳۶/۰۳۰	۱۰۵	۱۰۵	۰	۴/۵	۰	NOW	
۱۲	۱۹۶۲/۰۹/۰۴	۱۳:۲۱:۳۵	۴۹/۷۱۰	۳۵/۵۸۰	۴۳	۴۳	۰	۵/۶	۰	NOW	
۱۳	۱۹۶۲/۱۰/۱۳	۱۰:۲۳:۳۸	۵۰/۰۹۰	۳۵/۷۴۰	۳۲	۳۲	۰	۵/۵	۰	NOW	
۱۴	۱۹۶۲/۱۲/۰۲	۲۲:۲۱:۳۰	۵۰/۰۳۰	۳۵/۵۳۰	۰	۰	۰	۵/۰	۰	NOW	
۱۵	۱۹۶۲/۱۲/۰۲	۲۳:۳۶:۱۰	۵۰/۰۰۰	۳۵/۵۸۰	۲۴	۲۴	۰	۴/۲	۰	NOW	
۱۶	۱۹۶۳/۰۱/۰۲	۱۷:۳۸:۰۰	۴۹/۹۰۰	۳۵/۷۰۰	۲۰	۲۰	۰	۵/۵	۰	NAB	
۱۷	۱۹۶۳/۰۵/۲۸	۱۰:۳۲:۵۰	۴۹/۸۰۰	۳۵/۴۰۰	۳۳	۳۳	۰	۴/۳	۰	NEIC	
۱۸	۱۹۶۴/۱۱/۰۳	۱۷:۳۶:۰۶	۵۰/۳۹۰	۳۵/۸۶۰	۱۸	۱۸	۰	۵/۳	۰	NOW	
۱۹	۱۹۶۶/۱۱/۰۸	۱۴:۰۳:۱۴	۵۰/۷۱۰	۳۶/۱۶۰	۵۳	۵۳	۰	۴/۸	۰	N.IS	
۲۰	۱۹۶۷/۰۶/۲۳	۱۳:۱۵:۱۰	۴۹/۵۰۰	۳۵/۷۰۰	۵۲	۵۲	۰	۴/۴	۰	NEIC	
۲۱	۱۹۶۷/۰۸/۲۵	۱۲:۲۶:۵۱	۴۹/۳۳۰	۳۵/۵۸۰	۵۵	۵۵	۰	۴/۷	۰	ISC	
۲۲	۱۹۶۸/۰۴/۲۶	۰۲:۵۸:۴۰	۵۰/۲۰۰	۳۵/۱۰۰	۲۱	۲۱	۰	۵/۳	۰	NEIC	
۲۳	۱۹۷۰/۰۶/۲۷	۰۷:۵۷:۵۰	۵۰/۶۹۵	۳۵/۱۵۴	۱۴	۱۴	۰	۴/۹	۰	NEIC	
۲۴	۱۹۷۵/۰۴/۱۱	۱۴:۲۶:۵۰	۵۰/۱۷۰	۳۵/۵۵۰	۵۰	۵۰	۰	۴/۷	۰	NEIC	
۲۵	۱۹۸۴/۰۹/۰۹	۱۷:۵۵:۰۰	۴۹/۳۴۳	۳۵/۵۷۷	۳۳	۳۳	۰	۴/۶	۰	NEIC	
۲۶	۱۹۸۸/۰۱/۱۴	۱۱:۲۹:۲۰	۵۰/۵۹۸	۳۶/۰۰۶	۳۳	۳۳	۰	۴/۶	۰	NEIC	
۲۷	۱۹۹۲/۰۲/۲۳	۱۲:۰۳:۳۰	۴۹/۱۷۹	۳۶/۳۹۱	۱۰	۱۰	۰	۴/۵	۰	NEIC	ایهر
۲۸	۱۹۹۸/۱۲/۰۳	۱۳:۱۳:۳۳	۵۰/۸۸۰	۳۶/۰۵۰	۳۳	۳۳	۰	۴/۵	۰	NEIC	

همچنان بر اثر یک زمین لرزه احتمالی آسیب پذیری بالایی داشته باشند. بازدید مفصل تر از جنوب بوئین زهرا در روستاهای توفک و رودک وضعیت امروزی این روستاها را در بخشی از پهنه رومرکزی نشان می‌دهد.

در روستای توفک که توسط جمعیت صلیب سرخ کشور هلند در سال ۱۳۴۲ بازسازی شده است، هنوز از ساختمانهای ساخته شده پس از زلزله استفاده می‌شود (تصویرهای ۹ تا ۱۲). روستای توفک پیش از رخداد زلزله در سوی شمال موقعیت امروزی روستا واقع بوده است و بازسازی منزلهای مسکونی، مدرسه، مسجد، حمام و مرغداری در محلی در جنوب روستا (در مجاورت روستای تخریب شده) صورت گرفته است. مدرسه توفک با کمی تغییر نسبت به آنچه در سال ۱۳۴۲ ساخته شده است، هم اکنون نیز با نام دبستان امام حسین (ع) مورد استفاده می‌باشد (تصویر ۹). مسجد ساخته شده در سال ۱۳۴۲، هم اکنون به طور کامل گسترش یافته و در ابعاد بسیار بزرگتر از آنچه در سال ۱۳۴۲ ساخته شده بود بازسازی شده است. البته بقایای دیوارهای مسجد اولیه هنوز موجود است. منزلهای مسکونی به صورت یک در میان بر اساس آنچه در کشور هلند مرسوم است به صورت قرار دادن یک فضای خالی بین دو منزل به عنوان حیاط، فضای سبزی یا گاراژ ساخته شده اند، که پس از تحویل این منازل به اهالی، ساکنان روستا، حد فاصل این منزلها را با خانه هایی به سبک خانه سازی روستایی در ایران پر کرده اند؛ به نحوی که امروز در کوچه های این روستا یک منزل بازسازی شده توسط صلیب سرخ هلند و یک خانه روستایی ایرانی (یک در میان) در کنار هم و متناوب وجود دارند (تصویر ۱۰). بازسازی توفک همچنین شامل ساختن حمام (تصویر ۱۱) و مرغداری (تصویر ۱۲) در این روستا بوده است. تعداد منازل ساخته و تحویل شده به اهالی بیش از ۸۰ واحد بوده است. همچنین صلیب سرخ هلند بازسازی روستای دوزج را در جنوب پهنه رومرکز مهلرزه ای نیز بر عهده داشته است. در روستای رودک (تصویر ۱۳) نمونه ای جالب از مشارکت دانشجویان و استادان دانشگاه تهران در بازسازی

گسترش این خرابیها به نحوی بود که شهر کنونی بوئین زهرا، تقریباً به طور کامل پس از زلزله ۱۳۴۱ ساخته شده و خانه های قدیمی در آن کمتر مشاهده می‌شود (تصویر ۸)؛ گرچه به نظر می‌رسد که بسیاری از منازل و ساختمانهای ساخته شده در این شهر با قدمت ۴۰ ساله،



تصویر (۶): ویرانی درمانگاه دانشفهان در باختر بوئین زهرا در زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا [۱]



تصویر (۷): خرابیهای باقی مانده از زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا (مشاهده حدود ۴۰ سال پس از رخداد زلزله) در سال ۱۳۸۰



تصویر (۸): بوئین زهرا، در زمستان ۱۳۸۰ (حدود ۴۰ سال پس از رخداد زلزله)



ت: نمای مدرسه امام حسین توفک



الف: سردر مدرسه



ث: نمای مدرسه امام حسین توفک



ب: : تابلوی قدیمی که سازنده و اهدا کننده مدرسه را مشخص می کند

تصویر (۹): دبستان امام حسین توفک که توسط جمعیت صلیب سرخ کشور هلند پس از زلزله در سال ۱۳۴۲ ساخته شده است



تصویر (۱۰): منزلهای مسکونی ساخته شده در توفک (در سال ۱۳۴۲) منزل سمت راست تصویر توسط هلندی ها ساخته شده و بلافاصله به سمت چپ تصویر منزل ساخته شده توسط خود اهالی (پس از تحویل روستا) مشاهده می شود.



پ: دیوار مدرسه

۱۳۴۱ بوئین زهرا وجود دارد و وجود گورستان دسته جمعی در این محل نمایانگر آن است که احتمالاً در روزهای پس از زلزله، دفن جان باختگان زلزله به صورت گروهی انجام شده است (تصویر ۱۵). موقعیت روستای رودک در فاصله حدود دو کیلومتر از مرز بین کوه و دشت (ایجاد شده در راستای گسل ایپیک) مشهود است (تصویر ۱۶). حمام ساخته شده در سال ۱۳۴۲ به صورت مدور پس از رویداد زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا توسط دانشجویان دانشگاه تهران هنوز مورد استفاده می باشد (تصویر ۱۷). نکته جالب این است



تصویر (۱۱): حمام ساخته شده در توفک در سال ۱۳۴۲



تصویر (۱۴): روستای رودک، وضعیت امروزی (۱۳۸۰)



تصویر (۱۲): مرغداری ساخته شده در توفک در سال ۱۳۴۲



تصویر (۱۵): گورستان رودک و آرامگاه جانباختگان زلزله دهم شهریور ۱۳۴۱ بوئین زهرا



تصویر (۱۳): روستای رودک (نگاه از جنوب به شمال): بازسازی اولیه توسط دانشجویان و استادان دانشگاه تهران (۱۳۴۲-۱۳۴۳)

یک روستا مشاهده می شود (فاصله روستاهای رودک و توفک حدود چهار کیلومتر است). روستای رودک در حال حاضر (بازدید سال ۱۳۸۰) گسترشی به سمت شمال نشان می دهد (تصویر ۱۴). در قبرستان رودک آرامگاه جان باختگان زلزله

توضیح داد. با توجه به وضعیت امروزی تغییرمکانهای قابل-مشاهده، به نظر می‌رسد که هیچ یک از دو مدل یاد-شده به طور کامل نمایانگر کل تاریخچه تحولات زمین ساختی ناحیه نیستند؛ بلکه در زمانهای مختلف سازوکارهای غالب بر منطقه در حال تغییر بوده است؛ لذا با توجه به اینکه عناصری از هر دو مدل یاد شده قابل مشاهده می‌باشد، در



تصویر (۱۶): خانه های روستایی احداث شده در رودک، در افاق تصویر موقعیت مرز بین کوه و دشت ایجاد شده توسط گسل ایپک مشهود است



الف



ب

تصویر (۱۷)، الف و ب): حمام ساخته شده در سال ۱۳۴۲ توسط استادان و دانشجویان دانشگاه تهران در روستای رودک (به شکل مدور حمام توجه شود)

که پس از زلزله بوئین زهرا، بازسازی هر روستا بر عهده یک نهاد داخلی یا بین المللی بوده است. به هر حال روستای رودک بر اساس اظهارات اهالی آن توسط دانشگاهیان بازسازی شده که این ساخت و ساز شامل منازل مسکونی، دبستان، حمام و مسجد نیز بوده است.

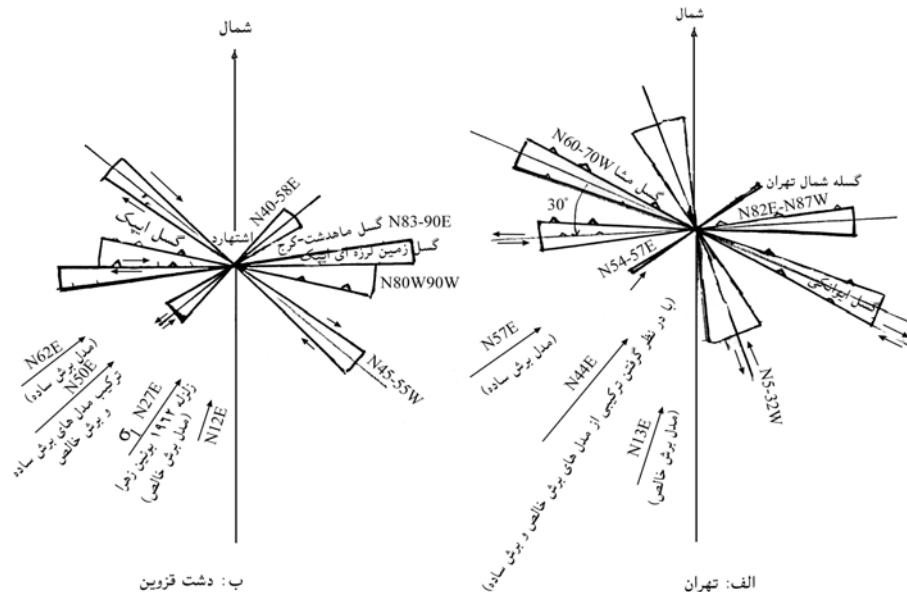
۶- تحلیل نو زمین ساختی و راستاهای تنش بنیادی

بر اساس شکلهای (۲ و ۳)، روندهای بنیادی ساختاری در دو ناحیه تهران (سوی خاوری منطقه مورد مطالعه) و دشت قزوین (سوی باختر و پهنه رومرکز مهلرزهای زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا) مورد مطالعه قرار گرفته و در شکل (۷)، روندهای اصلی به همراه سازوکار و تغییرمکانهای قابل مشاهده در هر روند آورده شده است. در شکل (۷، الف)، روندهای بنیادی ساختاری مشاهده می‌شوند. در ناحیه تهران روندهای اصلی شامل روند $N82E-N87W$ سامانه گسلی شمال تهران با سازوکار فشاری و با مؤلفه راستالغز چپگرد و روندهای رده دوم $N5-32W$ و $N54-57E$ با سازوکار راستالغز چپگرد می‌باشد. با در نظر گرفتن راستای قرارگیری شکستگی‌های بنیادی در این منطقه، می‌توان شکل گیری سازوکار شکستگی‌های ناحیه مزبور را با مدل‌های برش خالص (Pure Shear) با توجه به سازوکار بیشتر فشاری روندهای مشاء-ایوانکی و سامانه گسلی شمال تهران و برش ساده (Simple Shear) با لحاظ کردن تغییرمکانهای برشی راستالغز در این روندها (و نحوه قرارگیری آنها نسبت به هم)

منطقه تهران (شکلهای ۲، ۳ و ۷، الف) راستای تنش اصلی با توجه به مدل برش خالص در $N13E$ و با توجه به مدل برش ساده در $N57E$ به دست می‌آید. با توجه به تغییرمکان و جا به جایی در راستای روندهای رده دوم $N5-32W$ و $N54-57E$ هیچ کدام از این دو راستای تنش اصلی حاصل از مدل‌های برش خالص و برش ساده به تنهایی قابل توجیه نیست؛ لذا، روندی بینابین این دو راستا در $N44E$ به عنوان راستای تنش (با اعمال ترکیبی از دو مدل برشی خالص و برش ساده) پیشنهاد می‌گردد.

در مورد منطقه دشت قزوین نیز چنین تحلیلی به عمل آمد (شکلهای ۲ و ۳ و ۷، ب). در این منطقه راستاهای شکستگی‌های بنیادی ساختاری شامل روند تقریباً خاوری- باختری $N83E-N80W$ (گسل‌های ماهدشت- کرج، جنوب اشتهارد، ایپک و قطعات گسل زمین لرزه ای زلزله ۱۹۶۲ بوئین زهرا) با سازوکار فشاری و راستالغز چپگرد و روند خطواره‌های بنیادی با راستای شمال باختر- جنوب خاور $N45-55W$ (خطواره‌های اشتهارد، سلطانیه، ابهر، آبگرم و تاکستان) با سازوکار راستالغز راستگرد می‌باشد. روندهای فرعی رده دوم با راستای $N40-58E$ با سازوکار راستالغز چپگرد نیز مشهود است. در این ناحیه سازوکار زمین لرزه ۱۳۴۱ بوئین زهرا توسط جکسون و مکزی [۷] ارائه شده است (شکل ۸). در این شکل راستای تنش اصلی (σ_1) با $N27E$ و سازوکار زلزله،

بیشتر فشاری با مؤلفه راستالغز چپگرد نشان داده شده است (مطابق با سازوکارهای قابل مشاهده در کل این سیستم، از سامانه گسلی شمال تهران تا پهنه گسل‌های ماهدشت- کرج، جنوب اشتهارد و ایپک). در این مورد نیز با در نظر گرفتن اینکه عناصری از هر دو مدل برش ساده و برش خالص با توجه به روند و سازوکار تغییرمکان در راستای گسل‌ها و خطواره‌های بنیادی منطقه دیده می‌شود، لذا با توجه به مدل برش خالص، روند $N12E$ و با توجه به مدل برش ساده $N62E$ به عنوان راستاهای تنش اصلی (σ_1) انتخاب می‌شوند. در اینجا نیز راستای سامانه خطواره‌های رده دوم $N40-58E$ با سازوکار راستالغز چپگرد، بویژه با مدل برش ساده همخوانی نشان نمی‌دهد (علی‌رغم قابل مشاهده بودن مؤلفه راستالغز در راستای شکستگی‌های اصلی)؛ لذا، راستای تنش اصلی به صورت بینابین دو راستای تنش یاد شده، در $N50E$ پیشنهاد می‌گردد. با مقایسه راستای ترکیبی $N50E$ با راستای تنش اصلی در زلزله بوئین زهرا ($N27E$)، مشاهده می‌شود که این دو راستای تنش، روند عمومی مشابهی (شمال خاور- جنوب باختر) دارند. از سوی دیگر با توجه به راستای تنش اصلی در زلزله بوئین زهرا مشخص می‌شود که راستای تنش اصلی در حال حاضر در منطقه در حد فاصل راستاهای تنش اصلی فرضی با مدل‌های برش خالص و برش ساده واقع است.



شکل (۷): تحلیل ساختارهای بنیادی در ناحیه تهران و ناحیه دشت قزوین

مزبور در ادامه روند ساختاری خاوری- باختری واقع است که به شمال تهران می‌رسد؛ لذا، احتمال چنین گسیختگی در جنوب کرج، باختر و شمال تهران نیز قابل توجه و بررسی می‌باشد.

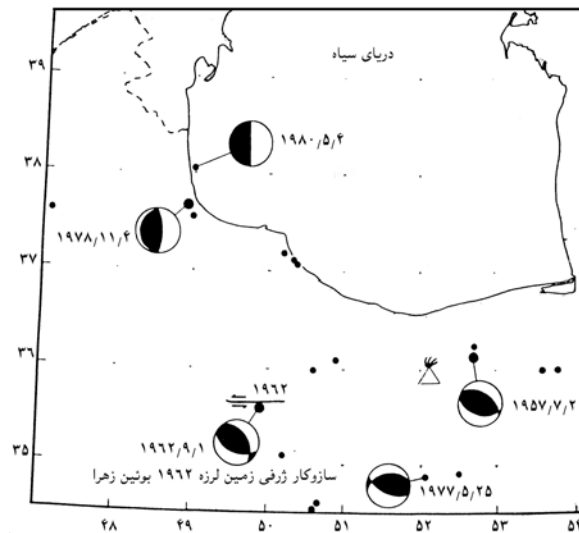
۳- گسیختگی های سطحی گسل زمین لرزه‌ای بوئین زهرا در حد فاصل تلاقی‌های مهم روند خطواره‌های ساختاری شمال باختر- جنوب خاور و گسل‌های خاوری- باختری رخ داده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳). از آنجا که این تلاقی‌ها در ناحیه اشتهاارد، ازگیل دره و کلان در باختر، شمال باختر و شمال خاور تهران نیز وجود دارند (شکل ۳)، از نظر گسیختگی سامانه خاوری- باختری شکستگی‌های موجود در باختر و شمال باختر و شمال تهران، این تلاقی‌های ساختاری را می‌توان به عنوان پهنه‌های با احتمال خطر بالاتر برای جنبایی مجدد و شروع گسیختگی گسل‌های زمین لرزه‌ای در نظر گرفت.

۴- تکوین زمین‌ساختی منطقه ترکیبی از سازوکارهای مرتبط با مدل‌های برش خالص و برش ساده نشان- می‌دهد. از این‌ نظر، عناصری از هر دو مدل در تغییر مکانها و سازوکار گسلها و خطواره‌های موجود در منطقه قابل مشاهده است.

۵- راستای تنش‌های اصلی بر اساس ترکیبی از مدل‌های برش خالص و برش ساده در حد فاصل بین *N44-50E* در منطقه تهران تا جنوب دشت قزوین مشاهده شده است. راستای تنش اصلی در زلزله بوئین زهرا نیز *N27E* بوده که با راستاهای پیشنهادی بر اساس گسل‌های بنیادی نزدیک است.

با توجه به نتیجه مطالعه انجام شده و با یادآوری مقدماتی بودن مشاهدات در این زمینه، پیشنهاد‌های زیر بر روی ادامه مطالعات و پژوهش‌های تفصیلی ارائه می‌گردد:

- بررسی‌های دقیق بر روی تلاقی‌های ساختاری و پی جویی گسل‌های پنهان و مطالعه راستاهای خطواره‌های با استفاده از فناوری جدید (نظیر داده‌های ماهواره‌ای) برای یافتن پهنه‌های با احتمال بالای گسیختگی سطحی زمین لرزه‌ای و جنبای شدن روندهای گسله موجود در



شکل (۸): سازوکار ژرفی زمین لرزه ۱۳۴۱ بوئین زهرا [۶]

۷- نتیجه گیری

زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا در پهنه باختری تهران و در راستای سامانه شکستگی‌های با راستای خاوری- باختری و بر اثر جنبای شدن گسل ایپک رخ داده است. بر اساس مطالعه مقدماتی صورت گرفته نتایج زیر قابل ارائه است:

۱- پهنه رومرکزی زلزله بوئین زهرا در راستای سامانه ساختاری بنیادی با روند خاوری- باختری در منطقه رخ داده است. این زلزله به همراه زلزله تاریخی ۵۵۶، مهمترین رویدادهای زمین لرزه در این سامانه ساختاری می‌باشد. علاوه بر این دو زلزله، روندهای خاوری- باختری در باختر و شمال تهران، زلزله مهم دیگری (با بزرگای بیش از ۷) نشان نمی‌دهند؛ لذا فعال بودن این قطعه و آرامش نسبی (در حد داده‌های زلزله‌های تاریخی و سده بیستم) در گسل‌های موجود در ادامه روند خاوری- باختری (شمال تهران، ماهدشت- کرج و جنوب اشتهاارد) بویژه نبود زلزله‌های مهم با بزرگای بیش از ۷ در مورد این راستاها قابل توجه می‌باشد.

۲- بررسی منطقه زلزله بوئین زهرا، حدود ۴۰ سال پس از رخداد زلزله مهم سال ۱۳۴۱، نشان می‌دهد که با توجه به جنبای بودن منطقه و احتمال بروز زلزله‌های مخرب بعدی، آسیب‌پذیری ناحیه مورد بحث بسیار بالاست. از سوی دیگر باید توجه داشت که روند

منطقه، ضرورت دارد.

این منطقه بهره برده است، که بدینوسیله از ایشان سپاسگزاری می‌گردد.

۹- مراجع

1. Ambraseys N.N., "The Buin-Zahra Earthquake of September 1962", A Field Report, Bull. of Seismological Society of America (BSSA), Vol. 53, No. 4, pp. 705-740, 1963.

2. Abdalian. S., Le Seisme du Premier September 1962, L'histoire Ge'ologique et Feetonique, ch. III, Rep. The Buyin-Zahra Earthquake of Sep. 1, 1962, Int. of Geophy., Tehran University, Tehran University Press, 1963.

۳- زارع، مهدی. "بررسی زمین‌ساختی و تحلیل راستای بردار لغزش در ناحیه دریاچه ارومیه"، پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال سوم، شماره سوم، پاییز ۷۹، صص ۳۱-۳۸.

۴- بربریان، مانوئل؛ قرشی، منوچهر. "بررسی لرزه زمین ساخت پهنه قزوین و پیرامون"، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۲.

۵- آمبرسیز، ن. ن؛ ملویل، ج. "تاریخ زمین لرزه های ایران"، (ترجمه ابوالحسن رده)، تهران: انتشارات آگاه، ۱۳۷۰.

۶- سلیمانی، شهریار. "مطالعه خطر زلزله برای نیروگاه منتظرالقائم با رهیافت تعیینی"، رساله کارشناسی ارشد زمین‌شناسی-تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شمال تهران، ۱۳۷۵.

7. Jakson, J. and D. Mckenzie, "Active Tectonic of Alpine- Himalyan Belt Between Western Turkey and Pakistan", J. of Geoph. Rec. and Astro. Soc. (1984), Vol. 7, pp. 185-264. ◀

- بررسی راستاهای تنش در بخشهای مختلف این ناحیه بر اساس جوانترین خش لغزه‌های موجود روی گسلها و بویژه روی نهشته‌های کواترنری و هولوسن لازم است. این راستاهای جا به جایی می‌توانند روندهای اصلی تغییرشکل (*Strain*) را در منطقه، بویژه در زمان هولوسن نشان دهند. به این منظور انجام مطالعات تعیین سن نیز بر روی نهشته‌های تحت تأثیر ضروری می‌نماید.

- بررسی تحولات زمین‌ساختی و ارائه راستاهای تنش‌های بنیادی در زمانهای مختلف زمین‌شناختی به درک تکوین زمین‌ساختی منطقه و چگونگی تحول راستاهای تنش و شکل‌گیری روندهای گسلهای بنیادی کمک می‌کند. در این منطقه روند ساختارهای بنیادی و سن یابی دقیق و نسبی آنها و بررسی جا به جاییهای مختلف رخ داده روی این روندها قابل مطالعه می‌باشند.

- بررسی نو زمین‌ساختی سامانه گسله شمال تهران به منظور یافتن و تعیین سن جوانترین جا به جاییها در صفحه‌های گسله موجود در این پهنه گسلی و به منظور یافتن دوره بازگشت زلزله‌های بزرگ بر روی این پهنه پیشنهاد می‌شود.

- بررسی تغییرات تنش کولمب در پهنه گسل زمین لرزه ای بوئین زهرا برای یافتن پهنه‌های بحرانی از نظر تنش و نواحی با بیشترین احتمال گسیختگی در پیرامون پهنه گسیخته شده در زلزله مزبور قابل انجام است. چنین بررسیهایی بنیان مناسبی برای مطالعات خطر زلزله در گستره جنوب قزوین- کرج و پهنه تهران فراهم می‌کند. با توجه به اینکه حدود ۲۰٪ از جمعیت کل کشور در این ناحیه زندگی می‌کنند، توجه به محورهای پژوهشی فوق لازم به نظر می‌رسد و تمرکز پژوهشهایی از این گونه در این منطقه توجیه پذیر می‌باشد.

۸- سپاسگزاری

نگارنده در این بررسیها از نظر و پیشنهادهای همکار ارجمند، جناب آقای دکتر هادی طبسی، بویژه در مورد تعیین راستاهای تنش‌های بنیادی و انطباق مدل‌های مختلف بر