

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش سازه

ایجاد مدل لرزه‌خیزی با استفاده از الگوریتم سلولار اتومیتا و تابع

اطلاع دو جانبه

استاد راهنما:

دکتر عیسی سلاجقه

مؤلف:

امیر حسین ارومیه‌ای

خردادماه ۱۳۸۸

تقدیم به:

دو شمع زندگی ام

پدر و مادرم.

تشر و قدرداني:

با تشكر فراوان از استاد بزرگوار و ارجمند، جناب دكتر عيسى سلاجقه كه همواره با دلسوزى از هيچگونه كمك و راهنمايى دريغ نمودند و آقاى دكتر صفارى و دكتر شجاعى كه با تحمل فراوان به بالا بردن كيفيت اين كار پژوهشى كمك نمودند.

چکیده:

الگوریتم سلولار اتومیتا ابزاری مناسب برای مدل کردن پدیده‌های طبیعی بوده که در اینجا برای به دست آوردن رابطه زمانی بین وقوع لرزه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. به عبارت دیگر در این تحقیق یک مدل احتمالی برای تحلیل خطر لرزه‌ای ایجاد شده است که بدین منظور یک الگو زمان-مکان از وقوع زمین لرزه‌ها با استفاده از الگوریتم سلولار اتومیتا تولید شده است. برای نیل به این هدف ابتدا کاتالوگ لرزه‌ای به بازه‌های زمانی و ناحیه مورد نظر به قسمت‌هایی که آنها را سلول می‌نامیم تقسیم شده است. این سلول‌ها بر اساس معیارهای خاصی به دو حالت فعال و غیر فعال تفکیک شده‌اند. به این ترتیب یک الگو دینامیک از سلول‌های فعال و غیر فعال که با زمان تغییر می‌کنند، ایجاد می‌شود. در این مرحله با استخراج روابط احتمالی، الگوریتم سلولار اتومیتا تصادفی تولید و با استفاده از آن رابطه زمان-مکان وقوع زمین لرزه‌ها شبیه‌سازی شده است. برای استخراج این روابط احتمالی اندرکنش بین سلول‌ها با استفاده از یک همسایگی مدل شده است و همچنین با ماکزیمم کردن تابع اطلاع دوجانبه بین حالات مدل‌های گذشته و آینده، مدل بهینه انتخاب شده و در نهایت مدل خطر لرزه‌ای احتمالی برای قسمتی از زون لرزه‌خیز زاگرس با در نظر گرفتن کاتالوگ لرزه‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۶۸ تا ۲۰۰۸ ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: مدل، احتمال، خطر لرزه‌ای، نظریه اطلاع، شبیه‌سازی، سلولار اتومیتا

فهرست

فصل ۱- مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- اهداف	۱
۳-۱- مروری بر کارهای گذشته	۲
۴-۱- ساختار پایان نامه	۴
فصل ۲- سلولار اتومیتا و نظریه اطلاع	۶
۲-۱- مقدمه	۶
۲-۲- معرفی الگوریتم سلولار اتومیتا	۷
۲-۲-۱- شبکه	۸
۲-۲-۲- همسایگی	۹
۲-۲-۳- مرزها	۱۰
۲-۲-۴- قواعد به هنگام سازی	۱۱
۲-۳-۱- مقدمات احتمال	۱۲
۲-۳-۲- مفاهیم پایه ای	۱۵
۲-۴-۱- اطلاع موضعی	۱۵
۲-۴-۲- آنتروپی	۱۶
۲-۴-۳- اطلاع متقابل	۱۸
مثال ۳,۲	۲۰
فصل ۳- تحلیل خطر لرزه ای	۲۵
۳-۱- تعریف زلزله	۲۵
۳-۲- مکانیسم و علل وقوع زلزله	۲۵
۳-۳- انواع مرزهای مشترک صفحات لیتوسفری	۲۸
۳-۴- مناطق زلزله خیز	۲۹
۳-۵- تکتونیک ایران	۳۰
۳-۶- امواج زلزله	۳۱
۳-۷- کانون و مرکز زلزله	۳۶
۳-۸- قدرت زلزله	۳۸
۳-۱۰- دستگاه های ثبت زلزله	۴۲
۳-۱۰-۱- لرزه نگارها	۴۲
۳-۱۰-۲- شتابنگارها	۴۲
۳-۱۱- شبکه شتابنگاری کشور	۴۳
۳-۱۲- مفهوم ریسک زلزله	۴۴
۳-۱۳- اجزاء و مراحل مختلف تحلیل خطر زلزله	۴۵

۴۵	تشکیل بانک اطلاعاتی زمینلرزه‌های تاریخی و دستگاہی
۴۸	۲-۱۳-۳ لرزه زمین ساخت
۴۹	۳-۱۳-۳ مدل‌های چشمه‌های لرزه‌ای
۴۹	۱-۳-۱۳-۳ چشمه نقطه‌ای
۴۹	۲-۳-۱۳-۳ چشمه خطی
۴۹	۳-۳-۱۳-۳ چشمه پهنه‌ای
۵۰	۴-۱۳-۳ وضعیت لرزه‌خیز در هر ایالت لرزه‌خیز
۵۰	۱-۴-۱۳-۳ تخمین آهنگ فعالیت و ضریب لرزه‌خیزی
۵۴	۲-۴-۱۳-۳ تخمین بیشینه بزرگای زمین لرزه
۵۵	۵-۱۳-۳ میرایی جنبش زمین و برآورد بیشینه شتاب هر جنبش در فواصل مختل از کانون آن
۵۵	۱۴-۳ توابع و مفاهیم «آماري - احتمالاتي» مورد نیاز در برآورد خطر زمین لرزه
۵۶	۱۴-۳ تابع توزیع احتمال «گوتنبرگ - ریشتر»
۵۷	۱-۲-۱۴-۳ تابع تجمعی احتمال نوع I
۵۸	۲-۲-۱۴-۳ تابع تجمعی احتمال نوع III
۵۸	۳-۲-۱۴-۳ تابع تجمعی احتمال نوع S
۵۸	۴-۲-۱۴-۳ روش محاسبه ضرایب B و C و توابع مقادیر نهایی
۵۹	۱۵-۳ توابع توزیع احتمال زمان برای وقوع زلزله
۵۹	۱-۱۵-۳ تابع توزیع احتمال پواسون
۶۱	۲-۱۵-۳ مفاهیم دوره بازگشت، احتمال سالیانه وقوع و عدم وقوع زلزله
۶۲	۱۶-۳ مفهوم ریسک وقوع زلزله
۶۴	۲-۱۶-۳ زلزله‌های طراحی و فلسفه انتخاب درصد ریسک (خطر) وقوع آنها
۶۵	۱۷-۳ روش‌های تحلیل خطر زلزله و نحوه ارائه و استفاده از نتایج آن
۶۵	۱-۱۷-۳ برآورد بزرگی زلزله در منطقه مورد مطالعه
۶۵	۱-۱-۱۷-۳ روش تحلیلی (قطعی)
۶۶	۲-۱-۱۷-۳ روش‌های آماری - احتمالی
۶۷	۲-۱۷-۳ برآورد پارامترهای جنبش زمین در ساختگاه مورد مطالعه
۶۷	۱-۲-۱۷-۳ روش قطعی (تحلیلی)
۶۸	۲-۲-۴-۲ روش‌های آماری - احتمالی
۶۸	۳-۲-۱۷-۳ روش سرچشمه‌های لرزه‌زا
۶۹	۳-۱۷-۳ پهنه‌بندی خطر زلزله
۷۲	فصل ۴- شبیه‌سازی و نتایج
۷۲	۱-۴ مقدمه
۷۲	۲-۴ نظریه اطلاع
۷۳	۱-۲-۴ آنتروپی نسبی

۷۴	.....	۲-۲-۴ الگوریتم سلولار اتومیتا (Cellular Automata)
۷۴	.....	۳-۲-۴ همسایگی وون نیومن (Von Neumann)
۷۵	.....	۴-۲-۴ همسایگی مور (Moore)
۷۶	.....	۳-۴ داده‌ها
۷۶	.....	۱-۳-۴ رابطه گوتنبرگ-ریشتر
۷۷	.....	۲-۳-۴ برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی روش Kijko-Selevoll
۸۰	.....	۴-۴ مدل‌سازی
۸۲	.....	۱-۴-۴ معیارها
۸۲	.....	۵-۴ شبیه‌سازی
۸۳	.....	۶-۴ تست‌های آماری (آزمون)
۸۵	.....	۱-۶-۴ تابع همبستگی (Correlation Function)
۹۰	.....	۲-۶-۴ Hamming distance
۹۱	.....	۷-۴ نتایج و پیشنهادات

فهرست جداول

- جدول (۱-۳) خلاصه مقیاس مرکالی اصلاح شده ۳۸
- جدول (۲-۳) ضرایب a و b برای ایالت‌های اصلی لرزه‌خیز ایران ۵۲
- جدول 1 میزان مشارکت داده‌ها در روش کیکو ۷۹
- جدول (۲-۴): نتایج شبیه‌سازی برای همسایگی وون نیومن و معیارهای متفاوت ۹۲
- جدول (۳-۴): نتایج شبیه‌سازی برای همسایگی مور و معیارهای متفاوت ۹۴

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) ساختارهای یک بعدی و دو بعدی ۸
- شکل (۲-۲) ساختارهای دو بعدی مثلثی و شش ضلعی ۹
- شکل (۳-۲) نمونه‌هایی از همسایگی‌های سلولار اتومیتا ۱۰
- شکل (۴-۲) کانال متقارن دودویی با احتمال عبور E ۲۱
- شکل (۱-۳) صفحات تکنونیک و توضیح رخدادهای لرزه‌ای در جهان ۲۷
- شکل (۲-۳) انواع مرزهای مشترک صفحات لیتوسفری ۲۹
- شکل (۳-۳) امواج حجمی (a) موج P (b) مولفه قائم موج S ۳۵
- شکل (۴-۳) امواج سطحی (a) مولفه قائم موج رابلی (b) موج لائو ۳۵
- شکل (۵-۳) کانون و مرکز زلزله ۳۶
- شکل (۶-۳) رابطه بین گشتاور لنگری و مقیاس‌های بزرگای مختلف ۴۱
- شکل (۷-۳) مراحل تحلیل خطر ناشی از زلزله ۴۶
- شکل (۸-۳) مدل‌های چشمه‌های خطی، سطحی و نقطه‌ای ۵۰
- شکل (۹-۳) نمودار رابطه گوتنبرگ-ریشتر ۵۴
- شکل (۱-۴): فرآیند گسسته‌سازی و ایجاد مدل‌های زمان مکان لرزه‌ای ۷۳
- شکل (۲-۴): انواع همسایگی ۷۵
- شکل (۳-۴): بررسی تعدد رخدادهای لرزه‌ای در بازه‌های زمانی متفاوت ۷۶
- شکل (۴-۴): نمودار رابطه گوتنبرگ ریشتر برای رخدادهای لرزه‌ای با بزرگای ۴ و بیشتر ۷۷
- شکل (۵-۴) یک نمونه از داده‌های مورد استفاده در روش کیکو-سلول ۷۸
- شکل (۶-۴) نمودار احتمال رویداد بر حسب بزرگای سطحی بر اساس نتایج روش کیکو ۸۰
- شکل (۷-۴): تغییرات تابع اطلاع با تغییر تعداد سلول در هر بعد با چهار بازه زمانی ($step=4$) ۸۱
- شکل (۸-۴): تغییرات تابع اطلاع با تغییر تعداد سلول در هر بعد با چهار بازه زمانی ($step=6$) ۸۱
- شکل (۹-۴): تغییرات تابع اطلاع با تغییر تعداد بازه‌های زمانی با بیست سلول در هر بعد ($cell=20$) ۸۱
- شکل (۱۰-۴): قوانین عبور در مورد معیار α_1 ۸۴
- شکل (۱۱-۴): قوانین عبور در مورد معیار α_2 و $M=4$ ۸۴
- شکل (۱۲-۴): قوانین عبور در مورد معیار α_3 و $M=4$ ۸۵
- شکل (۱۳-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده با معیار ($M=2, \alpha_2$ و α_1) و همسایگی وون نیومن ۸۵
- شکل (۱۴-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده ($M=2.5, 3, \alpha_2$) و همسایگی وون نیومن ۸۶
- شکل (۱۵-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده ($M=3.5, 4, \alpha_2$) و همسایگی وون نیومن ۸۶
- شکل (۱۶-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده ($M=4.5, 5, \alpha_2$) و همسایگی وون نیومن ۸۶
- شکل (۱۷-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده ($M=2, 2.5, \alpha_3$) و همسایگی وون نیومن ۸۷
- شکل (۱۸-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده ($M=3, 3.5, \alpha_3$) و همسایگی وون نیومن ۸۷
- شکل (۱۹-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده ($M=4, 4.5, \alpha_3$) و همسایگی وون نیومن ۸۷
- شکل (۲۰-۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه‌سازی شده ($M=5, \alpha_3$) و همسایگی وون نیومن ۸۸

- شکل (۴-۲۱): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=2, \alpha_1, \alpha_2$) و همسایگی مور ۸۸
- شکل (۴-۲۲): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=2.5, 3, \alpha_2$) و همسایگی مور ۸۸
- شکل (۴-۲۳): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=3.5, 4, \alpha_2$) و همسایگی مور ۸۹
- شکل (۴-۲۴): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=4.5, 5, \alpha_2$) و همسایگی مور ۸۹
- شکل (۴-۲۵): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=2, 2.5, \alpha_3$) و همسایگی مور ۸۹
- شکل (۴-۲۶): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=3, 3.5, \alpha_3$) و همسایگی مور ۹۰
- شکل (۴-۲۷): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=4, 4.5, \alpha_3$) و همسایگی مور ۹۰
- شکل (۴-۲۸): مقایسه تابع همبستگی برای مدل واقعی و شبیه سازی شده ($M=5, \alpha_3$) و همسایگی مور ۹۰
- شکل (۴-۲۱): طیف های خطر لرزه ای احتمالی برای سطوح انرژی متفاوت و معیارهای گوناگون ۹۶
- شکل (۴-۲۲): طیف های خطر لرزه ای احتمالی برای سطوح انرژی متفاوت و معیارهای گوناگون ۹۷
- شکل (۴-۲۳): نقشه های خطر لرزه ای احتمالی برای سطوح انرژی متفاوت و معیارهای گوناگون ۹۸
- شکل (۴-۲۴): نقشه های خطر لرزه ای احتمالی برای سطوح انرژی متفاوت و معیارهای گوناگون ۹۹

فصل ۱ - مقدمه

۱-۱ - مقدمه

علیرغم تلاش بسیار گسترده‌ای که تا کنون توسط محققین در سراسر جهان به منظور شناخت پدیده‌ی زلزله با بررسی زمین‌لرزه‌های به وقوع پیوسته به انجام رسیده، فقط نظریه علل وقوع و تئوری احتمال دوره بازگشت و شدت زلزله ارائه گردیده است، ولی امکان پیش‌بینی^۱ دقیق زمان، محل و بزرگای زمین‌لرزه‌های آینده و مشخصات تکانهای حاصل از آن مسیر نگشته است و دسترسی به این مهم در آینده نزدیک نیز مستلزم تحقیقات زیاد می‌باشد. عمده‌ترین علت این موضوع وجود پیچیدگی‌های فراوان و پارامترهای زیاد دخیل در علل نحوه وقوع زمین‌لرزه و عبور موج‌ها از لایه‌های مختلف زمین با خصوصیات کاملاً متفاوت می‌باشد.

بیان مطالب فوق به این مفهوم نیست که پیش‌بینی شدت زلزله در حد قابل قبول و ایمن‌سازی سازه‌ها در مقابل آن ممکن نیست. تجربه و یافته‌های علمی به خوبی نشان داده است که براساس اطلاعات قابل دسترس و استفاده از روش‌های آماری و احتمالاتی، می‌توان ایمنی سازه‌ها را در مقابل زمین‌لرزه تا حد مطلوب بر آورد نمود. هدف از تذکر فوق تاکید بر این نکته است که تحلیل ریسک زلزله اگر چه در سال‌های اخیر از پیشرفت‌های چشمگیری برخوردار بوده است ولی همچنان روند مطالعاتی آن بایستی در سال‌های آتی با جدیت پیگیری گردد تا دقت نتایج هر چه بیشتر افزایش یابد.

۱-۲ - اهداف

وابسته بودن شتاب حاصل از رخداد‌های لرزه‌ای به دو پارامتر بزرگای و فاصله نیاز به تخمین مناسب این دو پارامتر را بیش از پیش آشکار می‌سازد. در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی در جهت پیش‌بینی زمان رخداد‌های لرزه‌ای با بزرگای معین با استفاده از روابط آماری احتمالی انجام گرفته است که نتایجی را نیز در پیش داشته است اما با توجه به وابستگی رفتار لرزه‌ای به پارامترهای متعدد و عدم امکان مطالعه تمامی این پارامترها، پیش‌بینی و تخمین مکان رویداد‌های لرزه‌ای از پیشرفت چشمگیری برخوردار نبوده است.

^۱ - Prediction

تحقیق پیش‌رو با در نظر گرفتن روابط احتمالی و استفاده از نظریه اطلاع و الگوریتم سلولار اتومیتا سعی در تولید یک مدل لرزه‌ای با تخمین مناسبی از مکان رخداد‌های لرزه‌ای دارد.

۱-۳- مروری بر کارهای گذشته

توجه به تمرکز محل زمین‌لرزه‌ها که هر ماهه در بولتن‌هایی توسط مراکزهای مهم زلزله‌نگاری دنیا ارائه می‌شود (و هم اکنون به صورت روزانه و حتی آنی قابل دریافت در شبکه جهان‌بین می‌باشند)، نشان می‌دهد که زمین‌لرزه‌ها در ناحیه‌های خاصی در زمین بیشتر روی می‌دهند. رخداد زلزله‌ها در نوارهای مشخصی در پوسته قاره‌ای که بر رشته‌کوه‌های مهم منطبقند (نظیر نوار لرزه‌خیز آلپ-همالیا) و همچنین وقوع زلزله‌ها در محل فرورانش ورقه‌های اقیانوسی به زیر ورقه‌های قاره‌ای (نظیر زلزله ناحیه ژاپن) و یا زلزله‌های منطبق بر رشته‌کوه‌های میان‌اقیانوسی (نظیر زلزله‌های نوار میان‌اقیانوسی در اقیانوس آرام یا اقیانوس اطلس) موید چنین مسئله‌ای می‌باشد. اطلاعات مربوط به کانون زلزله‌های جهان در بولتن‌های مرکز زلزله‌شناسی بین‌المللی (ISC) - که در انگلستان واقع است - و یا مرکز ملی اطلاعات زمین‌لرزه (NEIC) - در ایالات متحده - به صورت ماهانه منتشر می‌شوند. مشخصات این کانون‌ها بر اساس اطلاعات ارسال شده از مراکزهای زلزله‌شناسی مختلف دنیا محاسبه شده و در فهرست‌هایی مرتب می‌شوند. آخرین اطلاعات مربوط به زلزله‌های مخرب دنیا که از سوی خبرگزاری‌ها یا مراکزهای محلی یا ناحیه‌ای زلزله‌شناختی گزارش می‌شوند، نیز به صورت گزارش‌های خبری در مقابل مشخصات آنها (از قبیل تاریخ، زمان دقیق به وقت بین‌المللی GMT، بزرگ در مقیاس‌های مختلف، ژرفای کانونی و ...) آورده می‌شوند. این نوع اطلاعات را به همراه سازوکار ژرفی رخداد‌های لرزه‌ای را دارا می‌باشند، در حال حاضر می‌توان چند ساعت پس از وقوع زلزله‌های مهم در صفحه‌های مربوط به این مرکزها (به ویژه صفحه مرکز ملی اطلاعات زمین‌لرزه NEIC و صفحه مرکز زلزله‌شناختی دانشگاه هاروارد) در شبکه جهان‌بین ملاحظه نمود.

در سال ۱۹۵۴ گوتبرگ و ریشتر روی لرزه‌خیزی دنیا مطالعه نمودند و نشان دادند که فقط با یک پارامتر از پارامترهای زلزله نمی‌توان در زلزله‌شناسی کاربردی، ویژگی‌های لرزه‌خیزی یک ناحیه را توضیح داد، چرا که در بعضی ناحیه‌ها زلزله‌ها به صورت فوج زلزله‌های با بزرگای کم تا متوسط رخ می‌دهند (نظیر ناحیه

زاگرس) و در بعضی دیگر زلزله‌های بزرگ فراوان هستند ولی در بازه‌های زمانی نسبتاً زیاد ایجاد می‌شود (نظیر ناحیه‌های ایران مرکزی و البرز).

امکان محاسبه دقیق موقعیت یک زلزله در نقاط مختلف جهان در سال‌های اخیر بسیار توسعه یافته است. تصمیم به ایجاد شبکه استاندارد شده جهانی لرزه‌نگارها در جریان یک اجلاس زلزله‌شناسی در ایالات متحده در سال ۱۹۵۹ (به ریاست برکر) گرفته شد. در جریان این تصمیم‌گیری قرار شد تا رصدخانه‌های جهان با همکاری سازمان ژئودزی و سواحل ایالات متحده (USCGS) یک سری لرزه‌نگار جدید در ایستگاه‌های مشخصی نصب نمایند. در هر شش لرزه‌نگار - سه لرزه‌نگار پریود کوتاه و سه لرزه‌نگار پریود بلند - نصب گردید. زمان‌سنجی و دقت عمل در ثبت نگاشت‌های لرزه‌ای با ساعت‌های کریستال تضمین شد و یک پالس میزان‌سازی هر روز روی نگاشت‌ها ثبت می‌گردید. در سال ۱۹۷۶ شبکه WWSSN شامل ۱۲۰ ایستگاه بود که در ۶۰ کشور جهان (از جمله ایران) مستقر بودند. بعضی از کشورها نظیر کانادا به این شبکه نپیوستند و به توسعه شبکه ملی خویش اقدام کردند، ولی ایستگاه‌های شبکه ملی خود را طوری توسعه دادند که قابل انطباق با شبکه استاندارد جهانی بود. در دهه ۱۹۸۰ میلادی دستگاه‌های رقمی به این شبکه اضافه گردید و حتی تعدادی دستگاه در ژرفای ۱۰۰ متری داخل چاه‌هایی نصب شد.

شبکه استاندارد جهانی به ثبت دور لرزه‌ای داده‌ها کمک فراوانی نمود و از دهه ۱۹۶۰ که چنین شبکه‌ای در دسترس است، میزان داده‌های لرزه‌ای که در فهرست‌های مختلف موجود است، به دلیل ثبت زلزله‌هایی با بزرگای کم تا متوسط (عمدتاً ۴ تا ۵) به طور قابل ملاحظه‌ای با آنچه قبل از دهه ۱۹۶۰ ثبت شده تفاوت نشان می‌دهد و بیشتر شده است. لرزه‌خیزی جهان با نظمی که پس از تشکیل چنین شبکه‌ای به وجود آمد، با دقت زیادی ثبت می‌شود و همه ساله نقشه‌های فراوانی از لرزه‌خیزی دنیا ارائه می‌گردد. در این نقشه‌ها زلزله‌های با بزرگای متوسط نیز قابل ارائه هستند و با دقت نسبتاً مناسبی (اخیراً با ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر خطا در تعیین موقعیت‌های اولیه برای بزرگای ۴ تا ۵) می‌توان رومرکز آنها را نشان داد.

زلزله‌های با بزرگای بیش از ۴/۵ که توسط داده‌های شبکه استاندارد جهانی WWSSN به دست آمده است نمایانگر لرزه‌خیزی بالا در زاگرس ایران می‌باشد. با دقت در این نقشه‌ها روندهای مشخصی در راستای رشته‌کوه‌های زاگرس در جنوب و جنوب باختری ایران، راستای کپه‌داغ - قفقاز در شمال خاوری - شمال ایران، راستای رشته‌کوه‌های البرز، شمال لوت و همچنین در خاور ایران حاصل از تمرکز رومرکز زلزله

مشاهده می‌گردد. میزان بالای لرزه‌خیزی فلات ایران نسبت به سرزمین‌های مجاور به خوبی مشخص است. از سوی دیگر انطباق رومرکزهای زلزله‌های ایران با روندهای مهم موجود در مرز بین پستی و بلندی‌ها بسیار جالب توجه می‌باشد. توجه به داده‌های نگاشته شده در سال‌های پس از ۱۹۶۰ میلادی نشان می‌دهد که زلزله‌های زاگرس ایران با بزرگ‌گای کمتر و فراوانی بیشتر نسبت به زلزله‌های البرز و ایران مرکزی رخ داده‌اند.

۴-۱- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه در چهار فصل و به شرح زیر تهیه شده است:

فصل دوم تعاریف، اجزا، کاربردهای مهندسی الگوریتم سلولار اتومیتا، مقدمه‌ای از روابط احتمالی و نظریه اطلاع و همچنین مباحثی نظیر آنتروپی و تابع اطلاع دو جانبه مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل سوم شامل مقدمه‌ای بر زلزله‌شناسی و مهمترین عناوین مورد بحث و بررسی و روابط حاکم در تحلیل خطر لرزه‌ای می‌باشد.

در فصل چهارم نحوه گسسته‌سازی و مدل‌سازی در حیطه زمانی و مکانی، شبیه‌سازی توسط استخراج روابط احتمالی، کنترل روند شبیه‌سازی با استفاده از روش‌های آماری همچون تابع همبستگی مورد بررسی قرار گرفته و در پایان مدل خطر لرزه‌ای احتمالی ارائه شده است.

فصل ۲- سلولار اتومیتا و نظریه اطلاع

۲-۱ مقدمه

در تلاش برای پیشبرد دستاوردهای آنالیز مهندسی، محققین تحقیقاتی را بر روی روش‌های نوین عددی که تقلید کننده پیشرفت و رشد سیستم‌های بیولوژیک هستند انجام داده‌اند. روش‌های برنامه‌ریزی تکاملی الگوریتم‌های ژنتیک و شبکه‌های عصبی از میان این روش‌ها هستند که الهام گرفته از پدیده‌های طبیعی می‌باشند و متعاقباً برای طراحی سیستم‌های سازه‌ای بکار گرفته شده‌اند اگر چه برخی از این روش‌ها به عنوان ابزاری مناسب برای استفاده در محیط‌های پردازش موازی پیشنهاد شده‌اند اما اغلب تنها به عنوان ابزارهایی برای بهینه‌سازی طراحی سنتی به کار گرفته می‌شوند بنابراین تلاش‌ها برای موازی‌سازی در این زمینه اغلب محدود به موازی‌سازی‌ها بزرگ مقیاس می‌باشد که در آن اجرای همزمان تحلیل به ترتیب برای طرح‌های مختلف مورد توجه قرار می‌گیرد.

رویکرد جدیدی که بر پایه استفاده از نظریه سلولار اتومیتا^۱ می‌باشد سعی در خودکارسازی محاسبات با قدرت پردازش موازی بالا دارد. کاربرد سلولار اتومیتا برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده به گونه‌ای تلاش برای حل مسائل معکوس می‌باشد که در معادلات دینامیکی سیستم‌های آشفتنه ظاهر می‌شوند. برتری‌های اصلی کاربرد الگوریتم سلولار اتومیتا در این فرآیند عبارتند از:

قابلیت به کارگیری آن در سخت افزارهای نوین پردازشگر موازی

تحلیل به صورت محلی

قابلیت شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده

در ادامه شرحی بر خصوصیات این الگوریتم و نحوه کارکرد آن ارائه می‌گردد

¹ -Cellular Automata Paradigm

۲-۲- معرفی الگوریتم سلولار اتومیتا

نظریه سلولار اتومیتا عموماً به اولام^۱ و فان نیومن^۲ نسبت داده می شود که در اواخر دهه ۱۹۴۰ این نظریه را برای مدل سازی رفتار سیستم های پیچیده ارائه کردند [۱] از آنجا که این نظریه چندین بار با نام های مختلف و برای کاربردهای متفاوت ارائه شده است اطلاعات مربوط به آن خالص نمی باشد. به عنوان مثال، قبل از اینکه فان نیومن که در طراحی اولین کامپیوتر دیجیتال همکاری داشته این نظریه را به صورت رسمی تئوریزه کند وینر^۳ و روزنبلات^۴ در سال ۱۹۴۶ از آن برای مدل سازی رفتار ماهیچه قلب استفاده کردند. در ابتدا این نظریه با عنوان شبکه ماشین ها معرفی شد که برای مدل سازی سیستم های پویای گسسته در فضا و زمان مورد استفاده قرار می گرفت در این تعریف شبکه به شکل یک گراف متناهی یا نامتناهی قابل تعریف است که هر گره آن قادر به پذیرفتن مقداری گسسته از بین مقادیر متناهی می باشد. حالت هر گره با توجه به یک سری قانون تبدیل با در نظر گرفتن خود گره و گره های همسایه در گراف تغییر می کند حالت شبکه به طور همزمان یا ترتیبی به هنگام^۵ می شود. در روش همزمان که روش موازی نامیده می شود. روش به هنگام-سازی ترتیبی تنها در مورد شبکه های متناهی قابل اعمال می باشد و در آن گره ها یکی یکی و به شکلی تجویز شده به هنگام سازی می شوند.

سلولار اتومیتا یک مورد خاص از ماشین ها به حساب می آیند که در آنها گراف به شکل یک شبکه منظم و روش به هنگام سازی به صورت همزمان می باشد. همچنین قواعد به هنگام سازی و ساختار همسایگی برای تمامی گره ها یکسان فرض می شود. گروهی از مدل های سلولار اتومیتا از مقادیر پیوسته برای گره ها استفاده می کنند که اغلب از آنها با عنوان یک رویکرد دینامیکی یاد می شود. در کاربردهای مهندسی جدید، این الگوریتم ها به عنوان ساده سازی های ریاضی سیستم های پیچیده در نظر گرفته می شوند و به شکلی موفق برای بیان پدیده هایی همچون انتشار گازها، انجماد و رشد کریستال ها در جامدات، مکانسیم های شکست و جریان هیدرودینامیکی و اغتشاش به کار گرفته شده اند. در اغلب کاربردهای قبلی از آنها برای بیان رفتار ماکروسکوپی یک سیستم استفاده شده که در این مورد معادلات دیفرانسیل جزئی سیستم مورد بحث

¹ -Ulam, S

² -Von Neumann

³ -Weiner

⁴ -Rosenbluth

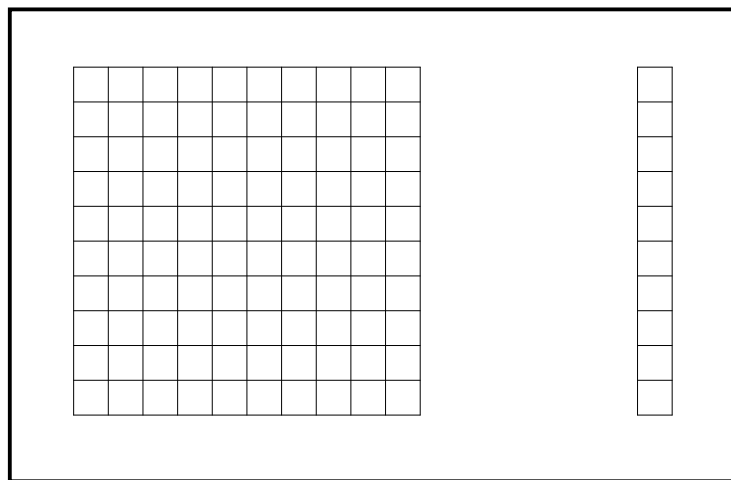
⁵ -update

حاکم بر رفتار آنها بوده. اگرچه این امر عموماً با استفاده از قوانین ساده‌ای که بیانگر رفتارهای میکروسکوپی سیستم هستند صورت می‌گرفت اما با استفاده از شبکه‌های بزرگ با تعداد زیاد گره امکان مدل‌سازی رفتار کلی سیستم وجود داشت. از این حیث الگوریتم سلولار اتومیتا به عنوان یک روش حل معادلات دیفرانسیل جزئی به حساب می‌آیند.

یک نمونه از الگوریتم سلولار اتومیتا دارای عناصری است که در زیر به آنها اشاره می‌شود.

۲-۲-۱ شبکه

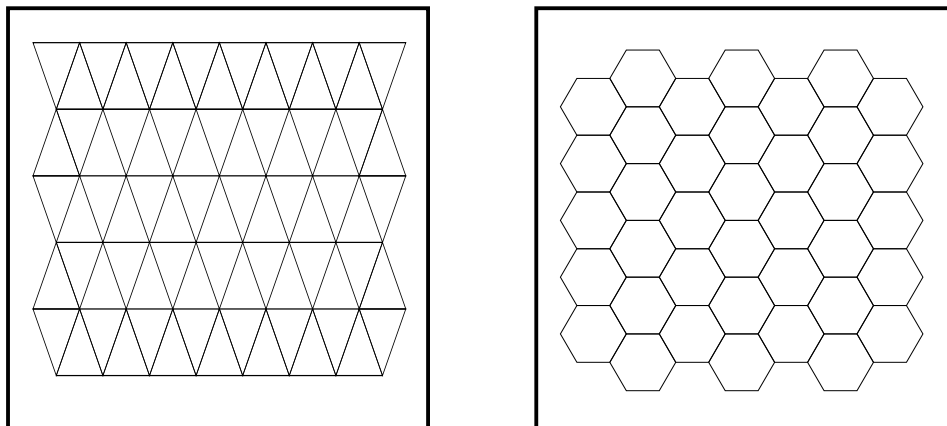
فرم فضای سلولی در سلولار اتومیتا به طور مستقیم منعکس کننده ابعاد مسئله‌ای می‌باشد که حل آن مورد نظر است. دو نمونه ساختار شبکه که بیانگر فضاهای سلولی تک بعدی و دو بعدی می‌باشند در شکل (۱-۲) نمایش داده شده‌اند. در این شکل مکان سلول‌ها با مربع‌های تو خالی نشان داده شده‌اند. فضای سه بعدی با قرار دادن لایه دو بعدی به فواصل معین از یکدیگر قابل تولید می‌باشد. [۱]



شکل (۱-۲) ساختارهای یک بعدی و دو بعدی

ساختار شبکه تنها محدود به شکل مستطیلی که در شکل (۱-۲) نشان داده شده نمی‌باشد سلولار اتومیتا که بر پایه ساختارهای دو بعدی مثلثی یا شش ضلعی باشند نیز امکان‌پذیر هستند شکل (۲-۲) به عنوان مثال

ولفارم^۱ [۲] از الگوریتم سلولار اتومیتا دو بعدی با ساختار شبکه شش ضلعی برای مدل سازی سیال استفاده کرد.



شکل (۲-۲) ساختارهای دو بعدی مثلثی و شش ضلعی

هر سلول (دایره تو خالی) دارای یک مقدار یا مجموعه‌ای از مقادیر می‌باشد که در طی فرآیند تکرار این مقادیر به هنگام سازی می‌شوند. این مقادیر می‌توانند به صورت گسسته پیوسته و یا به صورت متغیرهای دو دویی (۱ و ۰) باشند.

۲-۲-۲ همسایگی

یکی از مهمترین خصوصیات یک شبکه در سلولار اتومیتا، ساختار همسایگی آن می‌باشد. در به هنگام سازی مقدار یک سلول لازم است که علاوه بر مقادیر سلول‌های همسایه، مقدار سلول نیز در نظر گرفته شود. مجموعه سلول‌هایی که برای به هنگام سازی مقدار یک سلول در نظر گرفته می‌شوند کاملاً وابسته به مسئله و نوع رفتاری است که مدل‌سازی آن مد نظر است. برخی نمونه‌های متداول ساختار همسایگی در شکل (۲-۳) نمایش داده شده‌اند. سلولی که به هنگام سازی آن مد نظر است با حرف C نمایش داده می‌شود و سلول‌های کناری آنها با حروفی که بیانگر جهات شمال (N)، جنوب (S)، شرق (E) و غرب (W) هستند نشان داده شده‌اند.

^۱-Wolfarm