دانشگاه اراک

دانشکده فنی مهندسی

کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر (نرم افزار)

رفع مشکل انفجار فضای حالت در وارسی سیستم‌های تبدیل گراف با استفاده از الگوریتم ژنتیک

پژوهشگر

رزا یوسفیان

اساتید راهنما

دکتر وحید رافع

دکتر محسن رحمانی

استاد مشاور

دکتر رضا رافع

پاییز ۱۳۹۱

بسم ا... الرحمن الرحیم

رفع مشکل انفجار فضای حالت در وارسی سیستم‌های تبدیل گراف با استفاده از الگوریتم ژنتیک

توسط:

رزا یوسفیان

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی کامپیوتر (نرم افزار)

از

دانشگاه اراک

اراک-ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: .....
دکتر وحید رافع (استاد راهنما و رئیس کمیته)..... استادیار
دکتر محسن رحمانی (استاد راهنما)..... استادیار
دکتر رضا رافع (استادمشاور)..... استادیار
دکتر فاخته سلطانی (استاد داور)..... استادیار

مهر ۱۳۹۱

تقدیر و تشکر

پروردگارا خارج کن از تاریکی های فکر و مرا به نور فهم گرامی بدار
پروردگارا درهای رحمتت را بر من بگشا و گنجهای دانشت را بر من بگستران

در این دیباچه قصد دارم ازتمامکسانیکه مرا یاری کردند تا بتوانم این دوره را به پایان رسانم سپاسگذاری کنم، آنان که از آموختن لحظه‌ای درنگ نکردند و کلامی را ناگفته نگذاشتند،هر چند زبان از تقدیر این بزرگواران عاجز است.
و نیز تقدیم میکنم به روح پدر بزرگوارم که آرامبخش تنهائی‌ام بود و مادر صبور، مهربان و از جان عزیزترم که مشوق لحظه لحظه هایم گردید و

بهترین دوستم ...

چکیده

بمنظور تولید سیستم‌های ایمنی-بحرانی[1]، استفاده از روشهای رسمی[2] یک روش کارآمد و موثر در این زمینه می‌باشد. سیستم‌های تبدیل گراف[3] نیزیکی از پرکاربردترین آنها در توصیف مدل‌ها است. یکی از موانع بر سر راه وارسی مدل[4]، مشکل انفجار فضای حالت[5] است. این موضوع باعث شده است که استفاده از سیستم‌های تبدیل گراف، کارایی خود را در حل مسائلی که دارای فضای حالت گسترده ای هستند، از دست بدهند. لذا هدف از انجام این تحقیق، ارائه راهکاری جهت حل مشکل انفجار فضای حالت در سیستم‌های تبدیل گراف به منظور وارسی مدل می‌باشد. در روش ارائه شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک[6]فضای حالت مسئله را به نحوی هدایت می‌کنیم تا از تولید کامل فضای حالت جلوگیری شود. با استفاده از این روش می‌توان بن بست[7]را در مدل‌هایی که سیستم‌های تبدیل گراف، قادر به بررسی آنها نمی‌باشد، کشف کرد. الگوریتم مورد نظر در Groove، که ابزاری برای وارسی مدل مبتنی بر تبدیل گراف می‌باشد، پیاده‌سازی شده است. همچنین در عین حال که این روش مشکل مزبور را حل می‌کند، برای بهینه سازی و افزایش کارایی در وارسی مدل‌هایی که دارای فضای حالت بسیار گسترده و پیچیده می‌باشند، از روش پردازش چند نخی[8]نیز استفاده شده است. با استفاده از این تکنیک، می توان کاهش چشمگیری در مدت زمان وارسی مدل ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی : ، انفجار فضای حالت، وارسی مدل، سیستم‌های تبدیل گراف، الگوریتم ژنتیک، پردازش چند نخی

1- Safety critical System
2- Formal Method
3- Graph Transformation System
4- Model Checking
5- State space explosion
6- Genetic Algorithm
7- Deadlock
8- MultiThreadProcessing

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول – مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲

۱-2اهدافپایاننامه ۳

۱-۳ ساختارپایاننامه ۴

۲-۱ مقدمه ۶

فصل دوم–ادبیات موضوع

۲-۲ الگوریتمژنتیک ۶

۲-۲-۱ روشهایجستجو ۶

۲-۲-۲ اختلافالگوریتمژنتیکباروشهایمعمولیجستجو ۶

۲-۲-۳ مزایاياستفادهازالگوریتمژنتیک ۷

۲-۲-۴ معرفیدومسأله ۷

۲-۲-۵ چندتعریفاولیه ۸

۲-۲-۵-۱ کروموزوم ۸

۲-۲-۵-۲ ژن ۹

۲-۲-۵-۳ ادغام ۹

۲-۲-۵-۴ جهش ۱۰

۲-۲-۵-۵ تابعهزینه ۱۰

۲-۲-۵-۶ فضایجستجو ۱۱

۲-۲-۶ تشریحالگوریتمژنتیک ۱۱

۲-۲-۷ پارامترهایالگوریتمژنتیک ۱۲

۲-۲-۷-۱ نرخادغام ۱۲

۲-۲-۷-۲ نرخجهش ۱۳

۲-۲-۷-۳ اندازهجمعیت ۱۳
۲-۲-۷-۴ انتخاب ۱۳
۲-۲-۷-۵ رمزگذاری ۱۵
۲-۲-۸ الگوریتمژنتیکگسسته (دودویی) والگوریتمژنتیکپیوسته ۱۷
۲-۲-۸-۱ الگوریتمژنتیکگسسته ۱۷
۲-۲-۸-۲ الگوریتمژنتیکپیوسته ۱۷
۲-۲-۹ روندکلیبهینهسازیوحلمسائلدرالگوریتمژنتیک ۱۷
۲-۲-۱۰ روشهایادغامکروموزومهاوجهشدرالگوریتمژنتیکگسسته ۱۹
۲-۲-۱۱ کاربردهایالگوریتمژنتیک ۲۱
۲-۳ وارسیمدل ۲۱
۲-۳-۱ درستییابیصوری ۲۳
۲-۳-۲ کاربردهایبررسیمدل ۲۶
۲-۳-۳ مزایاومعایببررسیمدل ۲۷
۲-۳-۴ مدلهایریاضیبرایتوصیفسیستمها ۲۸
۲-۳-۵ ساختارسیستمگذار ۲۸
۲-۳-۶ منطقزمانی ۳۰
۲-۳-۷ LTL ۳۱
۲-۳-۸ CTL ۳۲
۲-۳-۹ خصوصیاتبیانشدهازسیستمهایانتقالدرLTL ۳۳
۲-۴ سیستمهایتبدیلگراف ۳۵
۲-۴-۱ گرافنوع ۳۶
۲-۴-۲ گرافمیزبان ۳۶
۲-۴-۳ قوانین ۳۶
۲-۴-۴ شرایطکاربرد ۳۷
۲-۴-۵ نرمافزارGroove ۳۷
۲-۵ نتیجهگیری ۳۸
فصل سوم–مشکل انفجار فضای حالت و کارهای مرتبط

۳-۱ مقدمه ۴۰
۳-۲ مشکلانفجارفضایحالت ۴۰
۳-۳ کارهایمرتبط ۴۰
۳-۴ نتیجهگیری ۴۲

فصل چهارم – ترکیب الگوریتم ژنتیک در وارسی سیستم‌های تبدیل گراف

۴-۱ مقدمه ۴۴
۴-۲ ارتباطسیستمتبدیلگرافباالگوریتمژنتیک ۴۴
۴-۲-۱ کدگزاریکروموزوم‌ها ۴۵
۴-۲-۲ تابعارزیابی ۴۷
۴-۲-۳ نحوهپیادهسازیعملیاتانتخاب،ادغاموجهش ۴۷
۴-۲-۳ قابلیتمحاسباتموازی ۴۸
۴-۴ پیادهسازی ۴۸

فصل پنجم – پیاده سازی و نتایج عملی

۵-۱ مقدمه ۵۲
۵-۲ پارامترهایتعیینشده ۵۲
۵-۳ مسئلهناهارخوردنفیلسوف‌ها ۵۲
۵-۴ مسئلهبازیPacMan ۵۵
۵-۵ مسئلهپازلهشت‌تایی ۵۶

فصل ششم– نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای کارهای آتی

۶-۱ نتیجهگیری ۶۱
۶-۲ پیشنهاداتبرایکارهایآتی ۶۱
مراجع ۶۳
واژهنامهفارسیبهانگلیسی ۶۵

فهرست شکل‌ها

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

فصل دوم–ادبیات موضوع

شکل ۲-۱. نمایش ۸ وزیربدونتداخلدرصفحهشطرنج ۸*۸ ..... ۸

شکل۲-۲. رابطه (۲- ۲) ۸

شکل ۲-۳. الف) یکراهحلکاندیدابرایxوy،ب) نمایشیککروموزومباارقامصفرویک (دودویی) ۹

شکل ۲-۴. یکعددبهازایهرستوندرنظرگرفتهشدهواینعددنشاندهندهموقعیت (شمارهسطر)
وزیردرستونمربوطهاست. ۹

شکل ۲-۵. نمایشادغامرویکروموزومهایکدگذاریشده ۹

شکل ۲-۶ . عملادغامدرموردمثالیافتنمینیمم. دراینمثالازادغامدوکروموزوم (۱۳و۶) و (۶و۳) دوکروموزوم (۵و۷)
و (۱۴و۲) تولیدشدهاند. ۱۰

شکل ۲-۷. دومثالازجهشرویکروموزوم. درکروموزومسمتراستوچپبهترتیبیکودوژنتغییرکردهاند. ۱۰

شکل ۲-۸. یکمثالازجهشروییککروموزومدرمسالهیافتنمینیمم ۱۰

شکل ۲-۹. روندکلیعملیاتالگوریتمژنتیک ۱۲

شکل ۲-۱۰. روشانتخابچرخرولت[4] ۱۵

شکل ۲-۱۱. کروموزومAوBکدشدهبصورتباینری[۵] ۱۶

شکل ۲-۱۲. کروموزومAوBکدشدهبصورتتبدیلی[۵] ۱۶

شکل ۲-۱۳. کروموزومAوBوCکدشدهباروشرمزگذاریمقداری[۵] ۱۷

شکل ۲-۱۴. نمایشیککروموزومدرالگوریتمژنتیکگسسته ۱۷

شکل ۲-۱۵. نمایشیککروموزومدرالگوریتمژنتیکپیوسته ۱۷

شکل ۲-۱۶. فلوچارتالگوریتمژنتیکدودویی [6] ۱۹

شکل ۲-۱۷. روشادغاممحاسباتیرانشانمیدهد. ۲۰

شکل ۲-۱۸. روشادغامغیریکنواخترانشانمیدهد. ۲۱

شکل ۲-۱۹. نمایکلیدرستییابی [7] ۲۲

شکل ۲-۲۰. نمایشعملکردبررسیمدل [7] ۲۵

شکل ۲-۲۱. سیستمگذاریکدستگاهفروشاتوماتیکنوشیدنی[7] ۳۰

شکل ۲-۲۱. یکگرافانتقالحالتوپیچشآن [1] ۳۰

شکل ۲-۲۲. معنایعملگرزمانیLTL [۱۱]..... ۳۲
شکل ۲-۲۳. عملگرهایزمانیوتوصیفکنندههایمسیردرCTL [۱۱]..... ۳۳

فصل چهارم – ترکیب الگوریتم ژنتیک در وارسی سیستم‌های تبدیل گراف

شکل ۴-۱. نمایشارتباطالگوریتمژنتیکوسیستمتبدیلگراف ۴۵
شکل ۴-۲. نمایشنحوهکدگذاریبکراهحلدرالگوریتمژنتیک،کروموزوم ۱۳۱۲
مسیرکاوشفضایحالترادرGrooveمشخصمیکند ۴۶
شکل ۴-۳. نمایشنحوهپیادهسازیالگوریتمپیشنهادی ۴۹

فصل پنجم – پیاده سازی و نتایج عملی

شکل ۵-۱. مسئلهناهارخوردنفیلسوفها..... ۵۳
شکل ۵-۲. نمایشیازبازیPacman ۵۵
شکل ۵-۳. مثالیازمسئلهپازل ۸ تایی ۵۷
شکل ۵-۴.
چیدماناولیهمسئلهپازلهشتتاییکهبهعنوانگرافمیزباندرابزارGroove،بمنظوربررسینتایجالگوریتمژنتیکدرنظرگرفتهشد
هاست. ۵۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل پنجم – پیاده سازی و نتایج عملی

جدول ۵-۱. پارامترهایمشخصشدهبمنظوربررسیوکاوشفضایحالتباالگوریتمژنتیک ۵۲
جدول ۵-۲. نتایجاجرایالگوریتمژنتیکبررویمسئلهناهارخوردنفیلسوفها،مدلشدهدرابزارGroove ۵۴
جدول ۵-۳. نتایجاجرایالگوریتمژنتیکبررویمسئلهPacman،مدلشدهدرابزار Groove ۵۶
جدول ۵-۴. نتایجاجرایالگوریتمژنتیکبررویمسئلهپازلهشتتایی،مدلشدهدرابزارGroove ۵۷
جدول ۵-۵. نتایجاجرایالگوریتمژنتیکبررویمسئلهپازلهشتتاییشکل ۱،مدلشدهدرابزارGroove ۵۸
جدول ۵-۶. نتایجاجرایالگوریتمژنتیکبررویمسئلهناهارخوردنفیلسوفها،مدلشدهدرابزارGrooveباقابلیتچندنخی ۵۹
جدول ۵-۲. نتایجاجرایالگوریتمژنتیکبررویمسئلهناهارخوردنفیلسوفها،مدلشدهدرابزارGroove ۵۹

۱ مقدمه

۱ـ۱ مقدمه

با رسوخ رایانه در زندگی روزمره و نیاز بشر به سرعت و دقت در انجام کارها، در حوزه‌های مختلف به ویژه حوزه‌های بزرگ و پیچیده، باعث شده است که وجود نرم‌افزار، در این حوزه‌ها برای حل مسائل اهمیت به سزایی یابد. سیستم‌های نرم‌افزاری اغلب دارای خطاهایی هستند. این مسئله در اکثر این سیستم‌ها که ما روزانه با آن سر و کار داریم مشهود است. برنامه‌ها به درستی کار نمی‌کنند، سیستم‌عامل‌ها بی‌دلیل متوقف می‌شوند و همه روزه اخباری از کشف حفره‌های امنیتی در سیستم‌های کامپیوتری به گوش می‌رسد. وجود خطاهای برنامه نویسی بسیار ساده، باعث بروز فجایعی شده است که حداقل آسیب آنها، از بین رفتن میلیون‌ها دلار می-باشد[2].انفجار Ariane5، گم شدن ماهواره هواشناسی مریخ، و مشکل عملگر تقسیم در پردازنده پنتیوم از جمله فجایعی هستند که به دنبال وجود خطاهای برنامه نویسی بسیار ساده رخ داده‌اند.

پر واضح است، در نظر گرفتن جنبه‌های امنیتی در تولید سیستم‌های نرم افزاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از روشهای رسمی[1] به عنوان یک روش موثر و کارآمد برای اطمینان از کیفیت و درستی طراحی، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. روشهای درستی‌یابی صوری را معمولاً به دو گروه عمده طبقه‌بندی می‌کنند. روش اثبات تئوری[2] و روش وارسی مدل که این روش دقیق‌ترین آنها است.

در اولین روزهای ظهور علوم کامپیوتر، محققان امیدوار بودند برنامه‌نویسان هم بتوانند درست همانطور که ریاضیدانان درستی قضیه‌هایشان را اثبات می‌کنند، درستی کدهایی که نوشته‌اند را اثبات کنند. در آن زمان هیچ راهی برای خودکارسازی بررسی مراحل بی شمار این کار وجود نداشت و متخصصان مجبور بودند بخش اعظم کار را به صورت دستی انجام دهند، جز برای برنامه‌هایی که از لحاظ پیچیدگی، نسبتاً معمولی و از لحاظ اهمیت، بسیار حیاتی بودند. در سالهای اخیر محققان روش کاملاً متفاوتی ابداع کرده‌اند که از توانایی پردازنده‌های قوی امروزی برای آزمون تمام سناریوهای ممکن بهره می‌گیرد. این روش که به آن وارسی مدل می‌گویند، شامل استفاده از روشهای رسمی به عنوان یک روش کارآمد برای اطمینان حاصل کردن از کیفیت و درستی یک سیستم طراحی شده، می باشد. به زبان دیگر وارسی مدل، یک روش خودکار برای تائید سیستم‌ها حتی قبل از توسعه و در زمان طراحی می‌باشد.

سیستم تبدیل گراف یک روش مدل سازی سیستم به شکل تصویری است. گراف‌ها ابزار مناسبی جهت تشریح و مدل کردن ساختار سیستم‌های پیچیده می‌باشند. یکی از اساسی ترین ویژگی سیستم‌های تبدیل

[1]-Formal Method
[2]-Theorem proving

گراف این است که دارای پایه ریاضی و رسمی دقیق می‌باشند[3].گراف‌ها می‌توانند تصاویر لحظه‌ای[1] از سیستم را با مدلسازی موجودیت‌های عینی به عنوان رئوس و روابط بین این موجودیت‌ها را به عنوان یال‌ها نشان دهند.

سیستم تبدیل گراف یک روش صوری برای توصیف خصوصیات رفتاری و ساختاری یک سیستم نرم‌افزاری می‌باشد. بمنظور وارسی الگوریتم مدل شده در یک سیستم تبدیل گراف، روشهای زیادی پیشنهاد می‌شود و استفاده از روش وارسی مدل به عنوان دقیق‌ترین روش یکی از پرکاربردترین آنها است.

یکی از موانع بر سر راه وارسی مدل، مشکل انفجار فضای حالت است. انفجار فضای حالت به معنی افزایش نمایی هزینه‌ها و استفاده از منابع با افزایش ابعاد مدل می‌باشد. در بسیاری از موارد و بخصوص در مورد سیستم-های نرم‌افزاری، به علت نامتناهی بودن فضای حالت (در نتیجه‌ی استفاده از ساختارهای بازگشتی و اختصاص حافظه) این مشکل بیشتر نمود پیدا می‌کند. می‌توان نشان داد که در حالت کلی، مسئله وارسی مدل، برای سیستم‌های با فضای حالت نامتناهی، تصمیم ناپذیر[2]است، به این معنی که هیچ الگوریتمی وجود ندارد که بتواند مسئله را برای همه‌ی مدل‌ها و همه‌ی ویژگی‌ها حل کند. حتی اگر فضای حالت متناهی شود، سیستم‌های بسیاری وجود دارند که به دلیل گسترده بودن فضای حالت، تحلیل درستی آنها با توجه به امکانات موجود و به روش بررسی دقیق تمام حالت‌های مدل، عملاً غیرممکن است.

۱-2اهداف پایان نامه

یک سیستم وارسی مدل، برای رسیدن به خصوصیت مشخص شده، یک گراف از تمام حالت‌های ممکن ایجاد می‌کند، سپس برای رسیدن به هدف، تمامی مسیرها را از یک حالت اولیه پیمایش می‌کند. اگر اندازه گراف بسیار بزرگ باشد، منجر به مشکل انفجار فضای حالت در سیستم وارسی مدل می‌شود. به منظور امکان-پذیر کردن تکنیک وارسی مدل در عمل، لازم است تکنیک‌های قدرتمندی را برای مبارزه با مشکل انفجار فضای حالت ابداع کنیم.

با استفاده از به کارگیری روشهای هوشمند، می‌توان با مقدار کمتری از منابع از جمله حافظه، نسبت به تکنیک‌های دیگر، خطاهای نرم‌افزار را یافته و از بروز آنها جلوگیری کرد. در این تحقیق، کاربرد الگوریتم ژنتیک در سیستم‌های تبدیل گراف مورد بررسی قرار گرفته است. الگوریتم ژنتیک یک تکنیک هوشمند است، که نتایج قابل قبولی را در مقابل تکنیک‌های کلاسیک و جامع، که بمنظور وارسی باید کل فضای حالت مدل را تولید کند و به علت بزرگ بودن فضای جستجو با شکست مواجه می‌شوند، بدست آورده است.

ما سعی بر این داریم با استفاده از روش ارائه شده، بتوان با مقدار کمتری از منابع نسبت به تکنیک‌های دیگر

[1]- Snapshots
[2]- Undecidable

و همچنین مقابله با مشکل انفجار فضای حالت، خطاهای نرم‌افزار را یافته و از بروز آنها جلوگیری کرد. روش پیشنهادی ارائه شده، با استفاده از به کارگیری روشهای هوشمند، از جمله الگوریتم ژنتیک، و تلفیق آن با سیستم های تبدیل گراف می‌تواند مدلهای پیچیده که دارای فضای حالت بسیار بزرگی می‌باشند را مورد وارسی قرار دهد.

در این پایان نامه؛ یک چهارچوب، با استفاده از الگوریتم ژنتیک، به منظور جستجوی فضای حالت به سمت یافتن حالت‌های خطا، از جمله بن‌بست، دروارسی مدل سیستم‌های تبدیل گراف، ارائه شده است. مخصوصا در مدلهایی که فضای حالت آنها به قدری گسترده است که اطمینان از درستی آنها با توجه به امکانات موجود و به روش بررسی دقیق تمام حالت‌های مدل، عملاً غیرممکن باشد. چهارچوب پیشنهادی در Groove، که ابزاری برای ویرایش، تولید فضای حالت و وارسی مدل مبتنی بر گراف می‌باشد، پیاده سازی شده است. نتایج حاصل از اجرا بر روی چند مثال معروف از جمله؛ مسئله ناهار خوردن فیلسوف‌ها ارائه شده است.

برخلافروشها و تکنیک‌های دقیقکه خود نرم‌افزارهای وارسی مدل برای تشخیصبن‌بست دارا می‌باشند، روش‌های هوشمندی مانند الگوریتم ژنتیک، در صورت پیدا نکردن بن‌بست، نمی‌توانند صحت مدل را تضمین کنند، ولی با استفاده از منابع کمتر و سرعت بیشتر، ما را به سمت کشف خطا و بن بست‌های موجود، در مدلهای گسترده و پیچیده، هدایت می‌کنند.کارهای متعددی در این زمینه صورت گرفته است، که نتایج آنها بیانگر این است، حتی اگر مطلوب نباشند، می‌توانند سریع‌تر از بقیه متدهای جستجوی استاندارد باشند و از منابع کمتری نسبت به آنها استفاده کنند.

۱-۳ ساختار پایان نامه

در فصل دوم، ساختار وکلیات الگوریتم ژنتیک، ساختار و عملکرد سیستم‌های وارسی مدل و تبدیل گراف مورد بحث قرار گرفته است. همانطور که بیان شده، مهم‌ترین ویژگی وارسی مدل این است که می‌تواند به صورت کاملاً خودکار انجام بگیرد. با این وجود وارسی مدل نیز دارای مشکلاتی است که مهمترین آنها مشکلی به نام انفجار فضای حالت است در فصل ۳ به بررسی مشکل سیستم‌های وارسی مدل وچگونگی بروز آن و روشهای مختلفی از جمله؛ روشهای کلاسیک و هوشمند، که برای حل این مشکل ارائه شده است، پرداخته‌ایم. در ادامه در فصل ۴، نحوه بکارگیری الگوریتم ژنتیک در وارسی مدل سیستم‌های تبدیل گراف مطرح شده است و در ادامه در فصل ۵ نحوه پیاده‌سازی و نتایج حاصل از اجرای این الگوریتم پیاده سازی شده در ابزار Grooveنمایش داده شده است. در انتها نتیجه‌گیری و پیشنهاد در زمینه کارهای آتی مطرح شده است.

۲ ادبیات موضوع

۲-۱مقدمه

در این فصل در ابتدا به ساختار و نحوه عملکرد الگوریتم ژنتیک می‌پردازیم. در قسمت دوم ساختار و مفاهیم سیستم‌های وارسی مدل بررسی شده است. استفاده از روشهای رسمی به عنوان یک روش کارآمد برای اطمینان حاصل کردن از کیفیت و درستی یک سیستم طراحی شده، لازم هستند. وارسی مدل، یک روش خودکار برای تائید سیستم‌ها می‌باشد. در انتها سیستم‌های تبدیل گراف و یکی از ابزارهای مرتبط مورد بحث قرار گرفته است.

۲-۲ الگوریتم ژنتیک[۱]

محدوده کاری الگوریتم ژنتیک بسیار وسیع می باشد و امروزه با پیشرفت روز افزون علوم و تکنولوژی، استفاده از این روش در بهینه سازی و حل مسائل بسیار گسترش یافته است .

الگوریتم ژنتیک یکی از زیرمجموعه‌های محاسبات تکامل یافته می‌باشد که رابطه مستقیمی با مبحث هوش مصنوعی دارد. در واقع الگوریتم ژنتیک را می‌توان به عنوان یکی از زیرمجموعه‌های هوش مصنوعی در نظر گرفت .الگوریتم ژنتیک بر روی یک سری جوابهای از پیش انتخاب شده، به امید بدست آوردن جواب‌های بهتر، قانون بقای بهترین را، با استفاده از یک فرایند انتخاب مناسب، اعمال می‌کند.

۲-۲-۱ روشهای جستجو

جستجو عبارتست از انتخاب پاسخی بهینه از بین مجموعه پاسخ‌های قابل قبول مسئله. به طور کلی روش‌های جستجو را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد :

- روش‌های ریاضی
- روش‌های شمارشی
- روش‌های تصادفی

۲-۲-۲ اختلاف الگوریتم ژنتیک با روشهای معمولی جستجو

الگوریتم ژنتیک با روش‌های معمولیرا می‌توان در چهار مورد مورد به صورت زیر ذکر کرد:

[۱]- جزوه درس الگوریتم ژنتیک دکتر محسن رحمانی

۱. الگوریتم‌های ژنتیک از یک کدبندی برای پارامترهای موردنظر استفاده می‌کنند ولی در سایر روش‌ها از خود پارامترها استفاده می‌شود.
۲. الگوریتم‌های ژنتیک با جستجو از یک مجموعه از نقاط شروع می‌کنند و نه از یک نقطه.
۳. الگوریتم‌های ژنتیک صرفاً از مقدار تابع هدف استفاده می‌کنند درحالی‌که روش‌های مبتنی بر گرادیان از مشتق تابع هم استفاده می‌کنند.
۴. الگوریتم‌های ژنتیک از قوانین احتمالات استفاده می‌کنند نه از قوانین جبری.

۲-۲-۳ مزایای استفاده از الگوریتم ژنتیک

۱. حرکت موازی در مجموعه جواب

این الگوریتم با به‌کارگیری افراد زیادی از جمعیت می‌تواند به جستجوی فضای پاسخ به‌طور موازی بپردازد، بنابراین احتمال گرفتاری آن در بهینه‌های محلینسبت به روش‌های مشابه کمتر است.

۲. بکارگیری آسان

بعد از ساخت الگوریتم ژنتیک برای یک مسئله می‌توان از آن برای مسائل مشابه مختلفی استفاده کرد. آنچه لازم به اصلاح است صرفاً شکل تابع هدف و احتمالاً روش کد کردن است.

۳. امکان استفاده برای حل مسائل چند هدفه

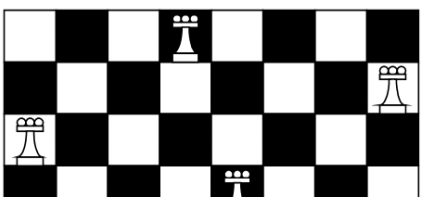
با تغییرات کمی در نحوه تعیین صلاحیت کروموزوم‌ها و تابع هدف می‌توان از آن برای حل مسائل چند هدفه استفاده کرد.

۲-۲-٤ معرفی دو مسأله

در این قسمت دو مساله ساده، جهت ساده‌تر و قابل فهم‌تر شدن الگوریتم ژنتیک معرفی می‌کنیم.

- **مسأله N وزیر**

مساله n وزیر از جمله مسائل شناخته شده در دنیای الگوریتم‌ها می‌باشد. در این مساله هدف آن است که n وزیر در یک صفحه n*n به نحوی چیده شود که هیچکدام نتوانند همدیگر را تهدید کنند. در حالت خاص، روی یک صفحه شطرنج ۸*۸ معمولی، می‌توان راه‌حل‌های مختلف را آزمود. شکل ۲-۱یک راه حل صحیح این مساله را نشان می‌دهد. به عنوان یکی از مثال‌هایی که قصد داریم روش حل آن را با الگوریتم ژنتیک توضیح دهیم مساله ۸ وزیر را درنظر می‌گیریم.



شکل ۲-۱. نمایش۸ وزیر بدون تداخل در صفحه شطرنج ۸*۸

- **مساله پیدا کردن مینیمم (یا ماگزیمم) یک تابع**

در این مساله هدف یافتن نقطه‌ایست که یک تابع چند (یا یک) متغیره در آن مینیمم می‌شود. به عنوان مثال، مقدار مینیمم تابع زیر (رابطه ۲-۲) ۴ بوده و این مقدار به ازای x برابر ۳ و y برابر ۵ حاصل می‌شود. در این مساله جواب (۵و۳) است.

$$f(x) = (x-3)^2 + (y-5)^2 + 4$$

شکل۲-۲. رابطه (۲- ۲)

معمولا در مسائل مینیمم سازی یک بازه برای متغیرها در نظر گرفته می‌شود . به عنوان مثال می‌توان در مثال فوق فرض کرد که x و y در بازه ۰ و ۱۵ تغییر می‌کنند.

۲-۲-۵ چند تعریف اولیه

در الگوریتم ژنتیک یک سری تعاریف اولیه داریم که در زیر آمده است :

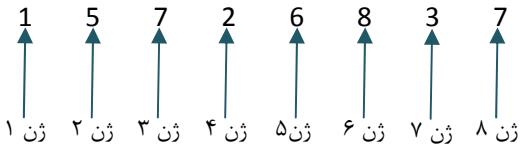
۲-۲-۵-۱ کروموزوم

هریک از راه‌حل‌های کاندیدای مساله که تقریب‌هایی از جواب نهایی هستند و به صورت رشته‌هایی از حروف یا ارقام کد گذاری می‌شوند را، کروموزوم می‌نامند. برای مثال، یک کروموزوم برای مسأله پیدا کردن مینیمم، با دو متغیر x وyبا ساختار شکل ۲-۳ نمایش داده می‌شود.

شکل ۲-۳. الف) یک راه حل کاندیدا برای x و y ، ب) نمایش یک کروموزوم با ارقام صفر و یک (دودویی)

۲-۲-۵-۲ژن

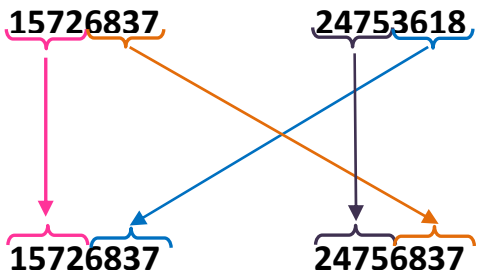
واحد پایه ژنتیک است . به هر قسمت راه حل یک ژن گفته می‌شود. مثلا در مساله ۸ وزیر، موقعیت هر وزیر یک ژن است. در شکل ۲-۴ ژن‌های مربوط به مسأله مطرح شده، نشان داده شده است.



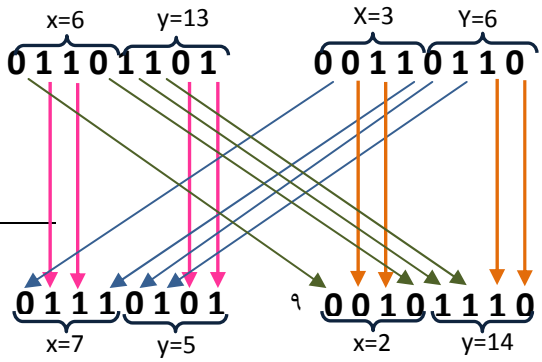
شکل ۲-۴. یک عدد به ازای هر ستون در نظر گرفته شده و این عدد نشان دهنده موقعیت (شماره سطر) وزیر در ستون مربوطه است.

۲-۲-۵-۳ ادغام[1]

ادغام به معنی به ترکیب دو کروموزوم و بدست آوردن کروموزوم (یا کروموزوم ها)ی دیگر است. روش‌های مختلفی برای ادغام کروموزوم‌ها وجود دارد. شکل ۲-۵ یکی از ادغام‌های ممکن را برای مساله ۸ وزیر نشان می-دهند. شکل ۲-۶ ادغام را در مساله یافتن مینیمم نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵.نمایشادغام روی کروموزوم‌های کدگذاری شده



[1]- crossover (or mating)