

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

موضوع

الگوریتم ژنتیک

نام استاد

دکتر سید حمید عباسی نیشابوری

گرداورندگان

سحر ابیاری و فاطمه مقدسی

تاریخ ارائه

1399 / 2 / 24

فهرست مطالب

- چکیده
- مقدمه
- معرفی الگوریتم های بهینه سازی
- مقایسه الگوریتم ژنتیک و دیگر روش های بهینه سازی
- الگوریتم ژنتیک چیست؟
- عملگرهای الگوریتم ژنتیک
- مروری بر فرآیند کلی الگوریتم ژنتیک
- انواع کاربردهای الگوریتم ژنتیک
 - طراحی خودرو
 - رباتیک
 - بازی های کامپیوتری
 - اینترنت
 - مسیریابی
 - سخت افزارهای قابل تکامل
- سخت افزار تکاملی در بهینه سازی بخش ترکیبی مدار
- نتیجه
- منابع

■ چکیده

در دنیای امروز، استفاده از الگوریتم‌ها در مسائل باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه شده و راهکارهای نوینی را پیش‌رو قرار می‌دهد. الگوریتم ژنتیک (یا GA) یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. مسئله‌ای که باید حل شود، دارای ورودی‌هایی می‌باشد که طی یک فرآیند الگوبرداری شده از تکامل ژنتیکی به راه حل تبدیل می‌شوند؛ سپس راه حل‌ها به عنوان کاندیدا توسط یک تابع، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و اگر شرایط خروج فراهم باشد، الگوریتم تمام می‌شود.

به طور کلی الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم مبتنی بر تکرار است که اغلب بخش‌های آن به صورت تصادفی انتخاب می‌شود.

■ مقدمه

هنگامی که لغت تنازع بقا / انتخاب طبیعی به کار می رود، شاید همزمان قانون جنگل به ذهن برسد و حکم بقای قوی ترها. طبیعت بهترین ها را براساس هیکل انتخاب نمی کند (مثل دایناسورها) البته بهتر است بگوییم طبیعت مناسب ترین ها را انتخاب می کند نه بهترین ها را!

نسل مناسب ترین ها ادامه می یابد و آنهایی که این خصوصیات را نداشته باشند، به تدریج و در طول زمان از بین می روند. در طبیعت از ترکیب کروموزوم های بهتر نسل های بهتری به وجود می آیند؛ الگوریتم ژنتیک هم با همین ایده مسائل را حل می کند.

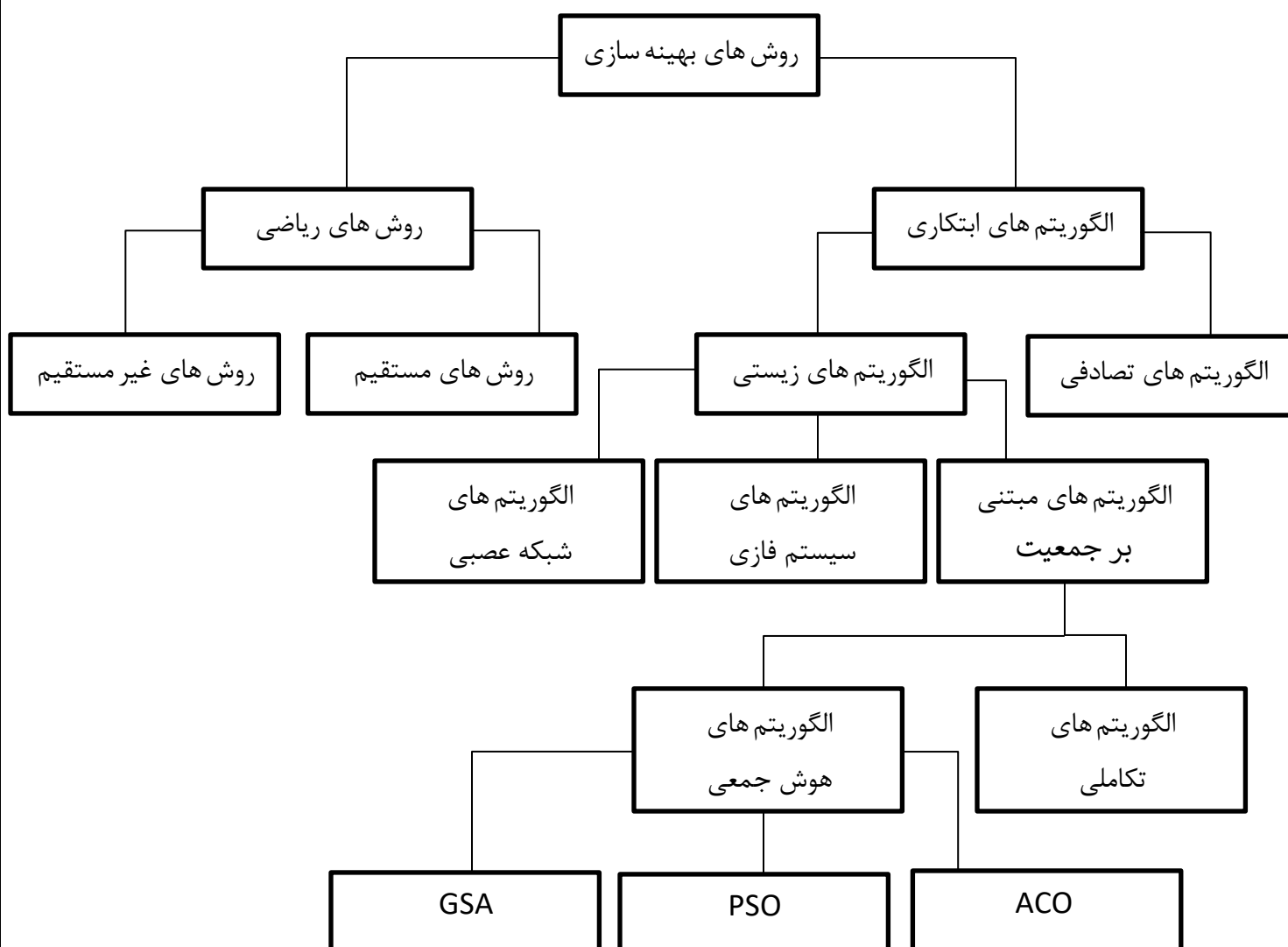
ایده اصلی الگوریتم ژنتیک معروف به "بقای برازنده ترین ها یا Survival Of The Fittest" است.

در دهه هفتاد میلادی دانشمندی از دانشگاه میشیگان به نام جان هلند (John Henry Holland) ایده استفاده از الگوریتم ژنتیک را در بهینه سازی های مهندسی مطرح کرد.

همانطور که می دانید بسیاری از اختراعات بشری از طبیعت الهام گرفته شده اند که یکی از نمونه های بارز آن شبکه های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network / ANN) هستند؛ یکی دیگر از این دستاوردها توسعه ایده الگوریتم ژنتیک است که در این مطلب به توضیح و شرح آن می پردازیم.

■ معرفی الگوریتم‌های بهینه‌سازی

هدف الگوریتم‌های بهینه‌سازی، ارائه راه حل در چارچوب یک زمان قابل قبول است که برای حل مسئله مناسب باشد. در طی سال‌های اخیر الگوریتم‌های زیادی برای بهینه‌سازی مطرح شده‌است که بر پایه رفتارهای طبیعت و رفتارهای اجتماعی عمل می‌کنند. این الگوریتم‌ها در مراحل ابتدایی به صورت تصادفی اقدام به تولید جواب می‌کنند و در مراحل بعدی با تکیه بر فرآیندهای طبیعی در رسیدن به جواب‌های بهتر تلاش می‌کنند. الگوریتم ژنتیک یکی از این الگوریتم‌ها است.



■ مقایسه الگوریتم ژنتیک و دیگر روش های بهینه سازی

در الگوریتم ژنتیک باید فضای طراحی به فضای ژنتیک تبدیل شود در نتیجه الگوریتم های ژنتیک باید با یک سری متغیرهای کد شده کار کنند. یکی دیگر از تفاوت های الگوریتم ژنتیک با روش های قدیمی بهینه سازی این است که در الگوریتم ژنتیک با جمعیت یا مجموعه ای از نقاط در یک لحظه خاص کار می کنیم؛ در حالی که در روش های قدیمی بهینه سازی فقط برای یک نقطه خاص عمل می کند.

الگوریتم ژنتیک از قوانین احتمالی پیروی می کند و نه از قوانین قطعی

الگوریتم ژنتیک به مشتق گیری یا هرگونه اطلاعات کمکی نیاز ندارد و تنها تابع هدف و شیوه تعیین، ارزش اطلاعات خام جهت جستجو را مشخص می کند.

■ الگوریتم ژنتیک چیست؟

الگوریتم های ژنتیک با شبیه سازی فرآیند تکامل در طبیعت با هدف یافتن بهترین جواب ممکن برای یک مسئله، به جستجو در فضای کاندید (Candidate Solution Space) می پردازند. در فرآیند جستجو برای یافتن جواب بهینه ابتدا مجموعه یا جمعیتی از جواب های ابتدایی تولید می شود؛ سپس در نسل های متوالی مجموعه ای از جواب های تغییر یافته تولید می شوند. در هر نسل از الگوریتم ژنتیک، تغییرات خاصی در ژن های کروموزوم های تشکیل دهنده جمعیت ایجاد می شود. جواب های اولیه معمولاً به شکلی تغییر می کنند که در هر نسل، جمعیت جواب ها به سمت جواب بهینه همگرا می شوند.

در الگوریتم ژنتیک ابتدا به طور تصادفی یا براساس الگوریتم چندین جواب برای مسئله تولید می کنیم به این مجموعه " جمعیت اولیه " می گوئیم و به هر جواب یک " کروموزوم " می گوئیم؛ پس از انتخاب کروموزوم های بهتر، با استفاده از عملگرهای الگوریتم ژنتیک، کروموزوم ها را با هم ترکیب می کنیم و در آنها جهشی ایجاد می کنیم.

در نهایت جمعیت فعلی را با جمعیت جدیدی که آن هم از ترکیب و جهش در کروموزوم ها حاصل می شود، ترکیب می کنیم.

■ عملگرهای الگوریتم ژنتیک

کروموزوم : هر کروموزوم ویژگی‌های یک نمونه فرد را مشخص می‌کند که هرکدام از این ویژگی‌ها را یک ژن، و در اصطلاح الگوریتم ژنتیک، "متغیر" می‌گوییم. یک تعداد از کروموزوم‌ها به عنوان یک جمعیت شناخته می‌شوند.

$$\text{جمعیت} = \begin{bmatrix} \text{chrom 1} \\ \text{chrom 2} \\ \dots \\ \text{chrom n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11} & \dots & g_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{n1} & \dots & g_{nm} \end{bmatrix}$$

که هرکدام از این ژن‌ها ویژگی‌های یک فرد را مشخص می‌کنند.

تابع ارزیابی (Fitness) : یک مجموعه متغیر ورودی را می‌گیرد و آنها را ارزیابی می‌کند و در آخر هزینه‌ای برای آن به عنوان خروجی تولید می‌کند. یک تابع ارزیابی ممکن است یک تابع محاسباتی ریاضی، آزمایش و یا یک بازی باشد.

۱. ایجاد جمعیت اولیه : الگوریتم ژنتیک با یک گروه از کروموزوم‌هایی که به صورت یک جمعیت شناخته می‌شوند، شروع می‌شود و بعد از کشف هزینه برای انتخاب والد، برای تولید نسل بعد اقدام می‌کند.

روش‌های انتخاب والد :

- انتخاب طبیعی : در ابتدا جمعیت کروموزوم‌ها از کمترین تا بیشترین هزینه رتبه‌بندی می‌شوند و بعد تنها بهترین کروموزوم‌ها به عنوان والد انتخاب و بقیه حذف می‌شوند. در واقع یعنی کروموزوم‌هایی با هزینه بالاتر در الگوریتم ژنتیک از بین می‌روند. البته تصمیم در مورد اینکه چه تعداد از کروموزوم‌ها برای نسل بعد باقی بمانند، یک مسئله کاملاً اختیاری است. اگر اجازه دهیم فقط تعداد کمی کروموزوم برای نسل بعد باقی بماند،

ژن های در دسترس برای نسل بعدی را محدود کرده ایم و از طرف مقابل، اگر تعداد کروموزوم های باقی مانده بیشتر بشود اجازه می دهد که کروموزوم هایی با ویژگی های نامناسب، برای شرکت دادن ویژگی هایشان به نسل بعد شانس پیدا کنند. در روش انتخاب طبیعی اغلب 50 درصد از کروموزوم ها را نگه می داریم.

- جفت گیری تصادفی : به صورت کاملاً تصادفی یک جفت کروموزوم را پیدا می کند و هیچ معیار خاصی برای این انتخاب ندارد.

- انتخاب رقابتی (Tournament) : کروموزوم ها براساس هزینه به رقابت می پردازند و در انتها کروموزومی پیروز و انتخاب می شود که هزینه کمتری داشته باشد. این روش، به مرتب سازی نیاز ندارد و کارایی نسبتاً بالایی دارد و در جمعیت های بزرگ کاربرد دارد.

- انتخاب وزن دهی براساس رتبه (Rank Weighting) : این روش مستقل از مسئله است و احتمال انتخاب کروموزوم، به رتبه ای که در بین دیگر کروموزوم ها دارد، بستگی دارد. هرچه رتبه بالاتر، احتمال انتخاب بیشتر!

II. تولید نسل جدید : بعد از انتخاب والدها، نسل جدید طی سه مرحله ایجاد می شود :

▪ تولید مثل (Reproduction) : تعدادی از کروموزوم های والد در جمعیت کپی می کنیم.

▪ ادغام یا ترکیب (Crossover) : در این مرحله بخشی از کروموزوم های والدین باهم ادغام می شوند و کروموزوم فرزند ایجاد می شود که روش های مختلفی دارد که به توضیح این روش ها می پردازیم

ادغام یک نقطه ای : ادغام شدن یک نقطه تصادفی از والدین



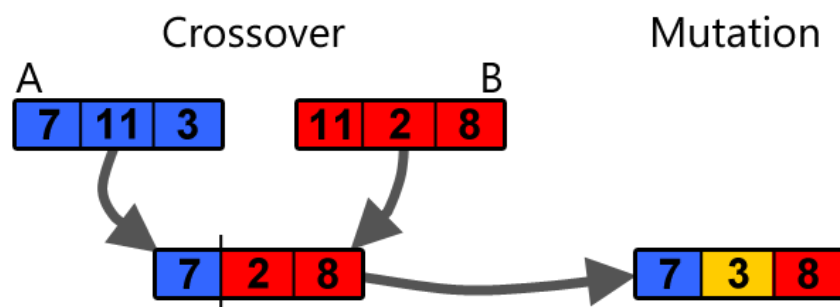
ادغام دو نقطه ای : دو کروموزوم از دو نقطه ادغام می شوند.



ادغام یکنواخت : دو کروموزوم به صورت یک در میان بیت هایشان ادغام می شود.



▪ جهش (Mutation) : جهش در اصطلاح به معنی ایجاد یک تغییر تصادفی است. پس جهش می تواند یک تغییر تصادفی در جمعیت به وجود آورد. افزایش میان جهش، آزادی الگوریتم را برای جستجو در بیرون از فضای محدوده فضای جاری متغیر، افزایش می دهد. جهش در بسیاری از مواقع باعث می شود ما خیلی سریع تر به یک نمونه جواب برسیم البته از طرف مقابل ممکن است در بعضی مواقع با انجام جهش، یک جواب خوب را از حل مورد نظر خیلی زیاد دور کنیم. به طور کلی بهتر است روی بهترین جواب ها عمل جهش رخ ندهد.



■ مرور کلی بر فرآیند الگوریتم ژنتیک :

1. تولید جمعیت اولیه
 2. مشخص کردن تابع ارزیابی (Fitness)
 3. به کار گرفتن عملگرهای ژنتیکی
 - فرموله کردن جمعیت ابتدایی متشکل از جواب های مسئله
 - مقداردهی اولیه و تصادفی جمعیت اولیه متشکل از جواب های مسئله
 - حلقه تکرار :
 - ارزیابی تابع هدف
 - پیدا کردن تابع ارزیابی مناسب
 - انجام عملیات روی جمعیت با عملگرهای ژنتیکی
 - عملگر تولید مثل (Reproduction)
 - عملگر ترکیب یا ادغام (Crossover)
 - عملگر جهش (Mutation)
- حلقه تکرار تا زمانی ادامه پیدا می کند که شرط های توقف ارضا شوند.
- شرایط توقف عبارت اند از :

- به تعداد ثابتی از نسل ها برسیم
- بودجه (زمان یا پول) اختصاص داده شده تمام شود
- تولید یک فرزند با کمترین ملاک ها
- به حداکثر ملاک برسیم و یا فرزند بهتری حاصل نشود

■ انواع کاربردهای الگوریتم ژنتیک

◀ طراحی خودرو : به کارگیری الگوریتم ژنتیک در طراحی مواد ترکیبی و طراحی اشکال ایرودینامیکی، جهت استفاده در ماشین‌های مسابقه و استفاده از آن، می‌تواند بهترین ترکیب از موارد بهترین مهندسی را برای تولید وسایل نقلیه‌ای سریع‌تر با مصرف سوخت بهینه‌تر در اختیار طراحان اتومبیل‌ها قرار دهد. بنابراین فرایندها مورد بررسی در این موضوع می‌تواند باعث صرفه‌جویی در سوخت شود و با مدل‌سازی کامپیوتری توسط جستجوگرهای الگوریتم ژنتیک کارها سریع‌تر پیش رود. الگوریتم ژنتیک می‌تواند دامنه‌ای از جواب‌ها را در اختیار طراحان بگذارد که می‌توانند جواب مطلوب خود را در بین آنها پیدا کنند و مورد استفاده قرار دهند. برای مثال طراحی بهینه خودروهای هیبریدی و کنترل‌کننده ژنتیک فازی برای سیستم تعلیق.

◀ رباتیک : رباتیک شاخه‌ای است که علوم مکانیک، الکترونیک و نرم‌افزار را به هم مرتبط می‌کند. فناوری رباتیک به گونه‌ای استفاده می‌شود که ماشین‌ها را ارتقا می‌دهد و به جای انسان در محیط‌های گوناگون استفاده می‌شود. هر ربات براساس کار یا کارهایی که باید آنها را انجام دهد طراحی می‌شود. الگوریتم ژنتیک می‌تواند برای جستجو دامنه‌ای از طرح‌های بهینه، طریقه اجرا شدن، برنامه‌ریزی کاربردها و نتایج جدیدی را به ربات باز می‌گرداند. در نتیجه ربات می‌تواند وظایف متفاوتی را انجام دهد و کاربردهای عمومی‌تری داشته باشد. ربات‌های حاصل از طراحی ژنتیکی ممکن است ربات‌های چند منظوره جذابی ایجاد کنند. ربات ماشینی است که توسط کامپیوتر قابل برنامه‌نویسی است تا بتواند مجموعه کارهای پیچیده را به صورت خودکار انجام دهد.

ربات بازوی سرآشپز با قابلیت تهیه انواع سالاد، خورد کردن سبزی و پخت و پز انواع خوراک ها که در سال 2020 در نمایشگاه CES به نمایش درآمد.



◀ بازی های رایانه ای : یکی از وظایف هوش مصنوعی در بازی ها این است که یک تعریف کامپیوتری با سبک و استراتژی بازی منحصر به فرد خودش باید از یک بازی کننده انسانی قابل تشخیص نباشد. در بازی های ورزشی، الگوریتم ژنتیک خیلی تقلب می کند!

برای مثال در بازی Need For Speed کمتر پیش می آید که مسافت زیادی از بهترین حریف خود جلوتر باشید؛ یا وقت هایی که حریف شما به علت تصادف یا منحرف شدن از جاده مسافت زیادی از شما عقب می ماند ولی روی نقشه می بینید که با سرعت غیرمنطقی به شما نزدیک می شود ولی در واقع سرعت او زیاد نیست بلکه نوع بهینه سازی رانندگی حریف است.

دو خصوصیت مهم الگوریتم ژنتیک :

1. توانایی آنالیز سطوح جاده برای شناسایی موانع است
2. هماهنگی ای که نوع رانندگی کامپیوتر با مدل فیزیکی طراحی شده بازی تنظیم می کند.

◀ اینترنت : اینترنت باعث می شود افراد در سراسر جهان به سرعت به حجم زیادی از اطلاعات دسترسی داشته باشند و این کار به کمک الگوریتم های هوشمند برای مدیریت و دستکاری این اطلاعات استفاده می شود. برای مثال می توان به کاربرد الگوریتم ژنتیک در فضای اینترنت، شامل یافتن مسیرهای خوب برای ارسال داده و استفاده از موتورهای جستجو برای یافتن سریع صفحاتی است که اطلاعات مورد نظر در آن قرار دارد.

◀ مسیریابی : کاربرد دیگر الگوریتم ژنتیک در مسیریابی است مخصوصا در یافتن کوتاه ترین مسیرهای موجود، اگر هدف ما تعیین کوتاه ترین مسیر از یک تقاطع به نقطه دیگری در یک نقشه جاده ای است در حالی که تعداد مسیرهای ممکن زیاد است، برای رسیدن به مسیر بهینه باید از الگوریتم های مسیریابی استفاده کنیم.

الف) مسیریابی مخابرات تلفنی : الگوریتم های ژنتیک می تواند مدارهای مسیریاب پویا و مقدماتی را برای مخابرات تلفنی فراهم کند این چنین می تواند بی ثباتی سیستم شما را مورد توجه قرار دهد و نیازهای مسیریاب شما را پیش بینی کند. الگوریتم های ژنتیک برای بهینه سازی، قرارگیری و مسیریابی ارتباطات برج های سلولی، برای بهترین پوشش و سهولت تعویض و توسعه پیدا کردند. پس می توان نتیجه گرفت تلفن همراه ما هم از مزیت های الگوریتم ژنتیک بی بهره نیست.

ب) مسیریابی در سفر و ترافیک : از جمله کاربردهای جدید و مشهور الگوریتم ژنتیک در مسیریابی است. این امر می تواند در برنامه ریزی های مربوط به انتخاب مسیرهای موثر در عین داشتن زمان بندی بهینه، کارا باشد. که این مسئله به شرکت های حمل و نقل، آژانس های مسافرتی و خدمات پستی کمک خوبی می کند.

◀ سخت افزارهای قابل تکامل : سخت افزار تکاملی، سخت افزاری است که بتواند ساختار خودش را اصلاح کند. سخت افزار تکاملی بخش جدیدی از توسعه سخت افزار است که از الگوریتم های تکاملی برای ایجاد سیستم های الکترونیکی استفاده می کند. در حقیقت سخت افزار تکامل یافته به سخت افزاری گفته می شود که بتواند معماری خودش را به صورت پویا و خودکار توسط فرآیند انعطاف پذیری مثل الگوریتم ژنتیک بهبود بخشد. در واقع سخت افزار تکاملی از اشتراک علم کامپیوتر، مهندسی الکترونیک و علم زیست شناسی است.

■ بهینه کردن یک مدار ترکیبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مواردی که در کارایی یک مدار ترکیبی تاثیر مستقیم دارند :

1. تعداد گیت‌های به کار رفته : تعداد گیت‌های موجود در یک مدار، پارامتری است که در

پیچیدگی مدار تاثیر مستقیم دارد و هرچه تعداد گیت‌ها کمتر باشد فضای کمتری را

اشغال خواهد کرد و درک عملکرد مدار ساده تر خواهد شد.

فضای مورد نیاز برای یک مدار داده شده را، با استفاده از مفهوم "معادل گیت" تخمین

می‌زنیم به همین منظور یک گیت پایه معرفی می‌کنیم و اندازه هر گیت را براساس آن

مشخص می‌کنیم. یعنی در حقیقت در یک نمونه گیت، گیت‌های پایه از داخل طوری به

هم وصل شدند که در مجموع رفتاری شبیه رفتار ورودی/خروجی گیت مورد نظر را

خواهد داشت.

گیت‌های NAND و NOR گیت‌های منطقی پایه هستند که هر گیت منطقی دیگری

می‌تواند از این گیت‌ها ساخته شود؛ به همین خاطر این دو گیت، گیت‌های عمومی پایه

هستند اما اغلب مدارهای پیچیده منحصر از یک نوع گیت ساخته نمی‌شوند.

2. تاخیر انتشار یک گیت : انتشار سیگنال‌ها از ورودی به خروجی یک گیت، مدت زمان

معینی طول می‌کشد این فاصله زمانی همان تاخیر انتشار است که برحسب نانوثانیه

محاسبه می‌شود.

متوسط تاخیر انتشار، زمانی است که طی آن تغییر حالت سیگنال در ورودی به خروجی

منتقل می‌شود.

سیگنال‌ها هنگام انتقال از ورودی‌ها به خروجی‌ها، از یک سری گیت‌ها می‌گذرند. مجموع

تاخیرهای انتشار از گیت‌ها، برابر با کل تاخیر در مدار است. هنگامی که سرعت اهمیت

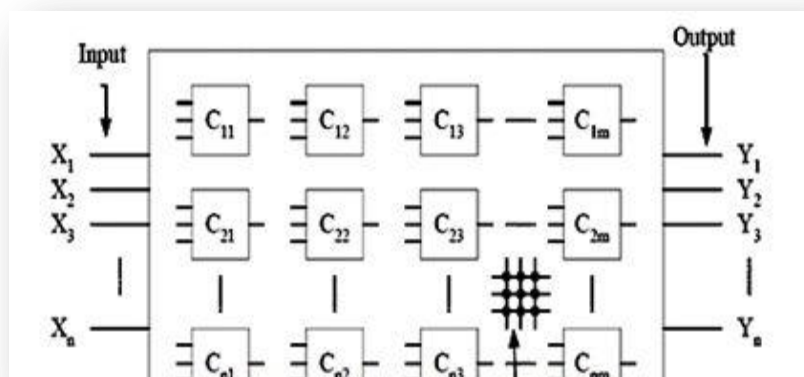
دارد باید سعی شود گیت‌هایی را به کار برد که تاخیر زمانی آنها کوتاه باشد، در نتیجه باید

تاخیر max را در هر گیت در نظر گرفت.

■ سخت افزار تکاملی در بهینه سازی بخش ترکیبی مدار

در این فرآیند محققان سعی کردند به نحوی با روش های مختلف به این بهینه سازی سرعت ببخشند. چندین روش در طراحی مدارهای ترکیبی مثل جبر بولی و نقشه کارنو وجود دارد؛ این روش ها قصد دارند با گیت های NOT ، AND ، OR و... تعداد گیت های یک مدار منطقی را کاهش دهند البته خروجی این روش در مدارهای پیچیده، کارایی زیادی ندارد. در بعضی روش ها هم از XOR استفاده می کنند و هدفشان کاهش تعداد گیت ها است.

با مطرح شدن الگوریتم های تکاملی، محققان در جهت ایجاد فرآیندی که طراحی مدارهای ترکیبی را به طور خودکار انجام دهد و آن را بهینه کند، گام هایی برداشتند. اولین بار لوییس ساختار فنوتیپ و ژنوتیپ را برای طراحی مدارهای ترکیبی پیشنهاد کرد. ساختار فنوتیپ شامل ورودی ها، سلول ها، اتصالات داخلی و خروجی های یک نمونه مدار می باشد.



همان طور که در شکل مشاهده می کنید هر سلول، یک گیت منطقی است که از طریق اتصالات داخلی با دیگر سلول ها در ارتباط است.

لوییس از الگوریتم ژنتیک پایه استفاده کرد یعنی فنوتیپ خودش را به صورت دودویی کد کرد.

در سال 1999 کارلوس الگوریتم ژنتیکی را طراحی کرد که از پنج گیت AND ، NOT ، NULL ، OR و XOR در مدار استفاده می کرد و تنها محدودیت آن تعداد گیت های به کاررفته در مدار بود. در سال 2000 کارلوس روش دیگری را برای On Coding کردن ساختار ژنوتیپ پیشنهاد کرد که به مراتب مدارهای بهتری را تولید می کرد. در همان سال روشی بر مبنای بهینه سازی چند هدفی پیشنهاد کرد که از هردو روش قبلی بهتر عمل می کرد. تمام این روش ها از نظر تعداد گیت ها بهینه محسوب می شدند ولی محققان در بهینه سازی به دنبال روشی بودند که پیچیدگی مدار، تعداد گیت ها، فضای اشغال شده و تعداد ترانزیستورها را کاهش بدهد.

■ نتیجه

نتیجه نهایی این مباحث، به تنوع حوزه‌های کاربردی و مزایا و منافع الگوریتم ژنتیک اشاره دارد. این تکنولوژی امروزه به عنوان ابزار تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کار کردن با این تکنولوژی نتایجی مثل تصمیمات صحیح، صرفه‌جویی در زمان، انعطاف‌پذیری، کیفیت بهبود یافته و آموزش موثر است.

باور بر این است در صورت ادغام مناسب این فناوری با سایر فناوری‌های هوشمند (مثل سیستم‌های خبره و منطق فازی) می‌توان بر موارد استفاده آن افزود و از مزایای آن بهره‌مند شد.

▪ منابع

Fa.Wikipedia –

Civilica.com –

blog.faradars –

elmnet –

Virgool.io –

Yjc.ir –

Profdoc.um –

Virascience –

Apadana.in –