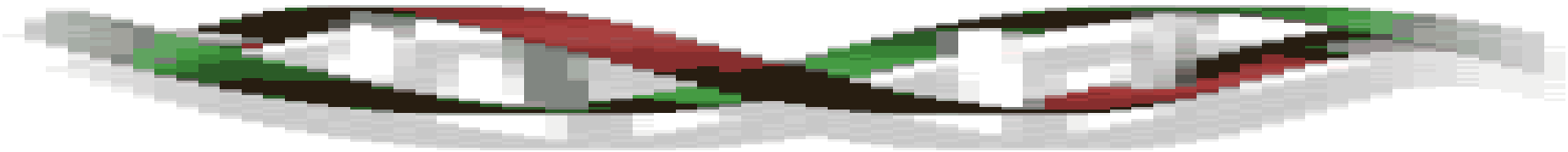
الگوریتم ژنتیک

Genetic Algorithms



مقدمه
تاریخچه
مروری بر مفاهیم بنیادی
- مفاهیم پایه
-- علم ژنتیک
-- صفت
-- کروموزوم
-- ژن
-- فنوتیپ
-- ژنوتیپ
-- ژنوم
-- تکامل
-- انتخاب
-- جهش
-- جهش بدنی وزایا
-- جهش کروموزومی
توضیح
تفاوت الگوریتم ژنتیک با دیگر الگوریتم ها
چه مواقعی از الگوریتم ژنتیک استفاده می کنیم
ساختار کلی

- مقدمه

الگوریتم‌های ژنتیک یکی از اعضای خانوادهٔ مدل‌های محاسباتی الهام گرفته شده از روند تکامل است. این الگوریتم‌ها راه‌حل‌های بالقوّهٔ یک مسأله را در قالب کروموزوم‌های ساده‌ای کد می‌کنند و سپس عملگرهای ترکیبی را بر روی این ساختارها اِعمال می‌کنند. الگوریتم‌های ژنتیک اغلب به عنوان روشی برای بهینه‌سازی توابع شناخته می‌شوند.

-تاریخچه

ایده اصلی الگوریتم های تکاملی (Evolutionary) در سال 1960 توسط ریچنبرگ مطرح گردید.الگوریتم های ژنتیک که منشعب از این نوع الگوریتم هااست ، در حقیقت روش جستجوی کامپیوتری بر پایه الگوریتم های بهینه سازی و بر اساس ساختارژن ها و کروموزوم ها است که توسط پروفسور جان هولاند درسال 1970 میلادی در دانشگاه میشیگان مطرح شد وپس از وی توسط جمعی از دانشجویانش مثل گلدبرگ و آن آربور توسعه یافت.

مروری بر مفاهیم بنیادی

-مفاهیم پایه

- علم ژنتیک

بررسی چگونگی انتقال صفات از والدین به فرزندان موضوع علم ژنتیک است.

- صفت

در ژنتیک ، به ویژگی های یک جاندار صفت گفته می شود.

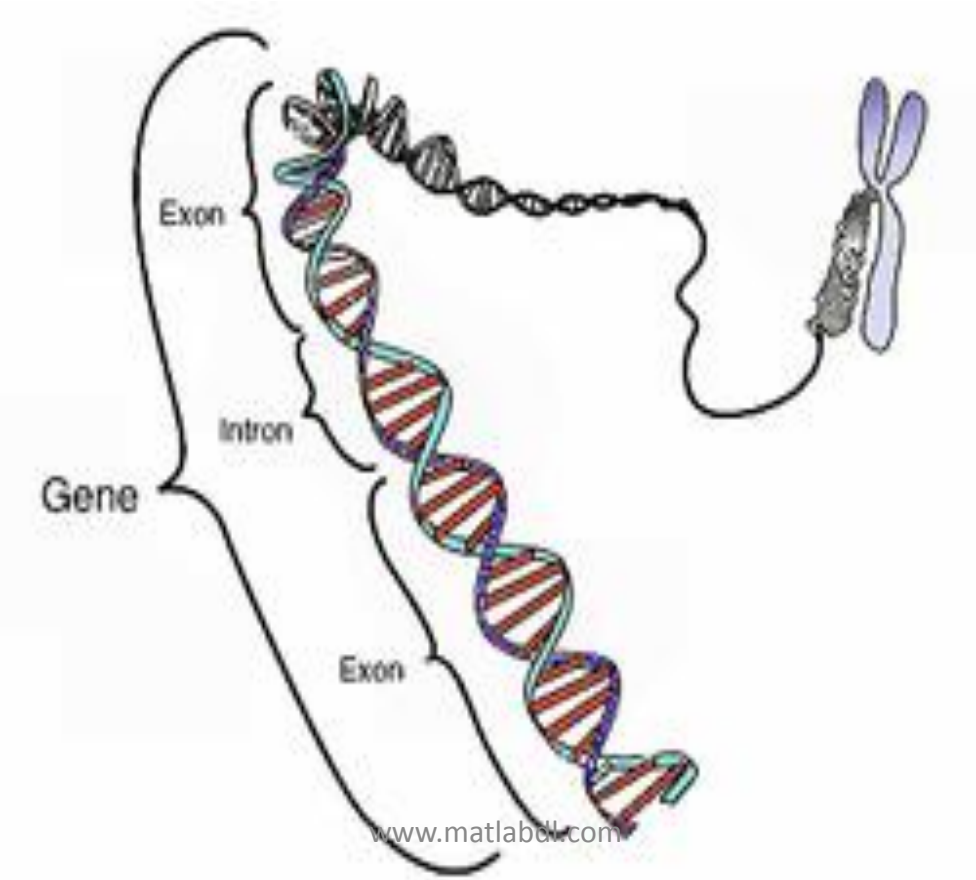
مثلاً رنگ پوست ، رنگ چشم ، رنگ مو ، که هرکدام یک صفت محسوب می شوند.

○کروموزوم

همه ارگانیسم های زنده از سلول تشکیل شده اند.در هرسلول مجموعه ای از کروموزوم ها به شکل رشته ای از DNA وجود دارند که به صورت یک مدلی از کل ارگانیسم تعبیر می شود.

ژن

ژن ها حامل اطلاعاتي هستند كه تعيين كننده ي ويژگي هاي شما هستند.ويژگي ها شامل مواردي مي شود كه شما از والدين خود به ارث مي بريد.يعني والدين شما مقداري از ويژگي هاي خود را از طريق ژن ها به شما انتقال مي دهند.



www.matlabdl.com

○فنوتیپ

به ویژگی های ظاهری یک جاندار فنوتیپ گفته می شود.

○ژنوتیپ

به محتوای ژنتیکی یک جاندار ،ژنوتیپ آن جاندار گفته می شود.

○ژنوم

به کل محتوای ژنتیکی یک جاندار (شامل تمامی ژنوتیپ های موجود در یک جاندار)ژنوم آن جاندار گفته می شود.

○تکامل

فرایند تغییر در فنوتیپ ها ، که جمعیت ها را مشخص می کند ، تکامل نامیده می شود.

○انتخاب

نیرویی قوی که بر فراوانی ژن یک جمعیت تاثیر می گذارد ، فرایند انتخاب می باشد.

○جهش

در طبیعت ، جهش ، فرایندی است که در آن یک بخش از یک ژن به صورت تصادفی تغییر می کند.

انواع جهش:

- ✓**جهش بدنی و زایا**
- ✓**جهش کروموزومی**

الگوریتم ژنتیک

✓ توضیح

❖ برای بهبود الگوریتم‌های آگاهانه ، موج تازه‌ای از رویکردها آغاز گردید. این رویکردها شامل الگوریتم‌هایی است که صریحاً یا به صورت ضمنی تقابل بین ایجاد تنوع جستجو و تشدید جستجو را مدیریت می‌کنند. این الگوریتم‌ها متاهیوریستیک نامیده می‌شوند. از بین این الگوریتم‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

بازپخت شبیه‌سازی شده

جستجوی ممنوع

الگوریتم‌های ژنتیک

شبکه‌های عصبی مصنوعی

که در این بین الگوریتم‌های ژنتیک از شهرت بیشتری نسبت به دیگر الگوریتم‌ها برخوردار است.

✓الگوریتم ژنتیک

- الگوریتم های ژنتیک به صورت کلی زیر مجموعه الگوریتم های تکاملی به حساب می آیند.
- الگوریتم ژنتیک از اصل تکامل طبیعی داروین گرفته شده ویکی از شیوه های جستجو و بهینه سازی تصادفی می باشد.
- این الگوریتم دارای سه عملگر اصلی انتخاب ، تکثیر و جهش می باشد.
- این الگوریتم براي بهينه سازي، جستجو و يادگيري ماشين مورد استفاده قرار مي‌گيرد.

تفاوت الگوریتم ژنتیک با دیگر الگوریتم ها

- GAبجای کد کردن پارامترها مجموعه آنها را کد میکند.
- GAبجای جستجو برای یک نقطه بدنبال جمعیتی از نقاط میگردد.
- GAبجای استفاده از مشتق و یا سایر اطلاعات کمکی مستقیما ازاطلاعات موجود در نتیجه بهره میگیرد.
- GAبجای قوانین قطعی از قوانین احتمال برای تغییر استفاده میکند.

مفهوم GA

- این الگوریتم بر روی فرزندان یک نسل ، از قوانین موجود در علم ژنتیک تقلید کرده و با به کارگیری آن ها ، به تولید فرزندان با خصوصیت بهتر می پردازد.

- مسأله‌ای که باید حل شود ورودی است و راه‌حل‌ها طبق یک الگو کد گذاری می‌شوند که تابع fitness نام دارد که هر راه حل کاندید را ارزیابی می‌کند که اکثر آنها به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند.

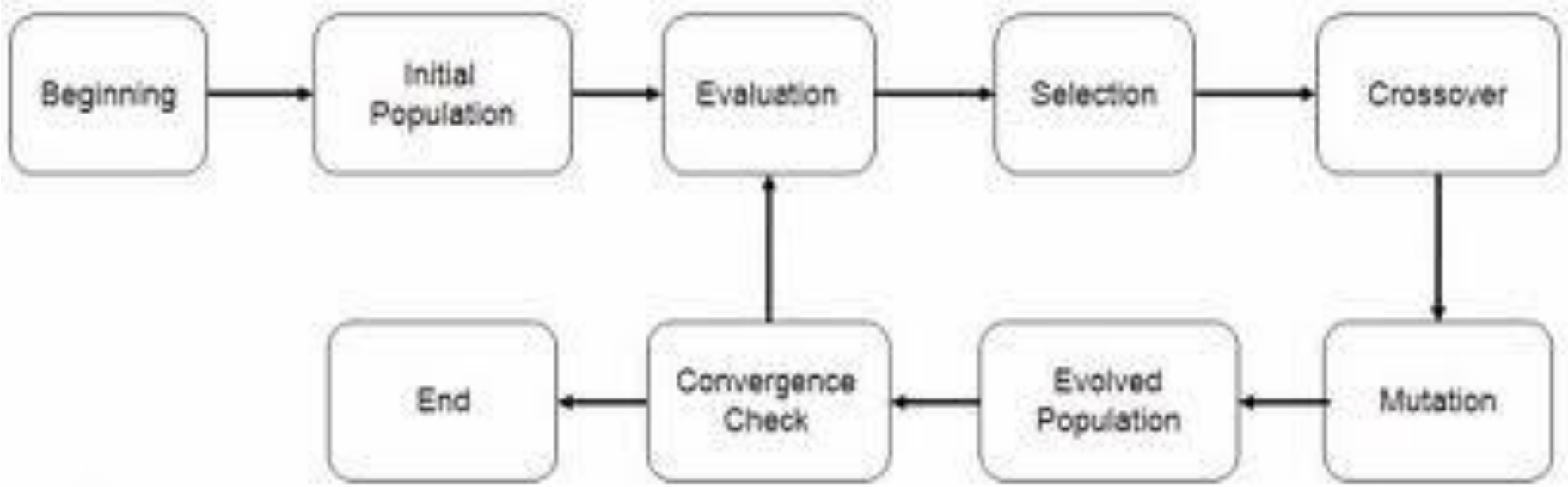
- این رقابت میان ژن ها وپیروز شدن ژن غالب و کنار رفتن ژن های مغلوب(جواب های دور از هدف مسأله) روشی کارآمد برای حل مسائل پیچیده و دشوار است.

چه مواقعی از GA استفاده میکنیم؟

- جواب ها بیش از اندازه پیچیده یا بی تحرک باشند
- نیاز به یک وسیله ی اکتشافی برای پیدا کردن راه حل های جدید داشته باشیم
- بخواهیم جواب های موجود را با هم پیوند بزنیم

ساختار کلی GA

چرخه کلی الگوریتم ژنتیک

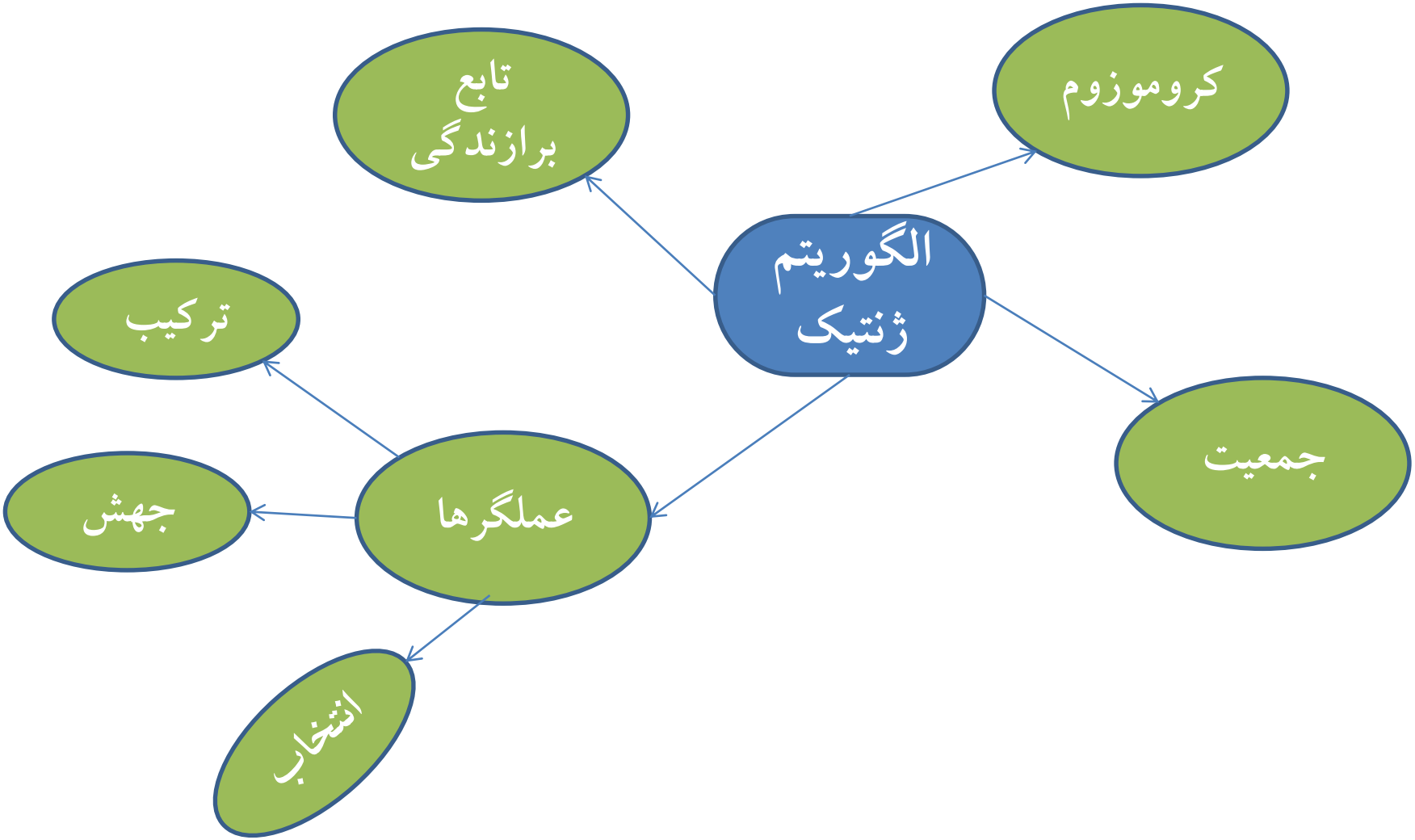


فضای جستجو

وقتی که مسئله ای را حل می کنیم هدف ما پیدا کردن بهترین جواب از میان جواب های مختلف است.فضای همه ی حالت های ممکن در حل یک مسئله را فضای جستجو (Search space) می نامند.

جستجو برای جواب یعنی جستجو برای پیدا کردن اکسترمم (Maximum یا minimum) در آن فضای جستجو.

ساختار الگوریتم ژنتیک



- اجزاء الگوریتم ژنتیک

افراد(کروموزوم ها)

هرکدام از افراد که تقریب هایی از جواب نهایی هستند ، به صورت رشته هایی از ارقام یا حروف کد گذاری می شوند. این رشته ها را کروموزوم می نامند.متداول ترین حالت ، نمایش با ارقام صفر ویک است.

برای مثال دو کروموزم **A** و **B**

کروموزومA	۱۰۱۱۰۰۱۰۱۱۰۰۱۰۱۰۱۱۱۰۰۱۰۱
کروموزومB	۱۱۱۱۱۱۱۰۰۰۰۰۱۱۰۰۰۰۰۱۱۱۱۱

1. نمایش و کد گذاری کروموزم ها(Encoding)

تاکنون در حل مسائل بهینه سازی ، روش های مختلفی برای نمایش پارامترها و اطلاعات مسئله به کار برده شده که انتخاب هر کدام از این روش ها باید با توجه به نوع مسئله و فضای جستجوی مورد نیاز برای حل وبهینه سازی آن صورت پذیرد.

برخی سیستم های کدگذاری عبارتند از:

i. سیستم کدگذاری دودویی

ii. سیستم کدگذاری جایگشتی

iii. سیستم کدگذاری درختی

iv. سیستم کدگذاری مقدار

i. سیستم کدگذاری دودویی(Binary Encoding)

معمول ترین شیوه نمایش کروموزوم ها در الگوریتم ژنتیک ، شکل رشته های دودویی است. در این شیوه ، هر متغییر تصمیم گیری به صورت دودویی درآمده و سپس با کنار هم قرار گرفتن این متغییرها ، کروموزوم ایجاد می شود.این روش امکان تولید کروموزوم هایی را با حداقل بیت فراهم می کند.

به طور کلی رابطه تعداد پارامتر طراحی و طول رشته در سیستم دودویی را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد :

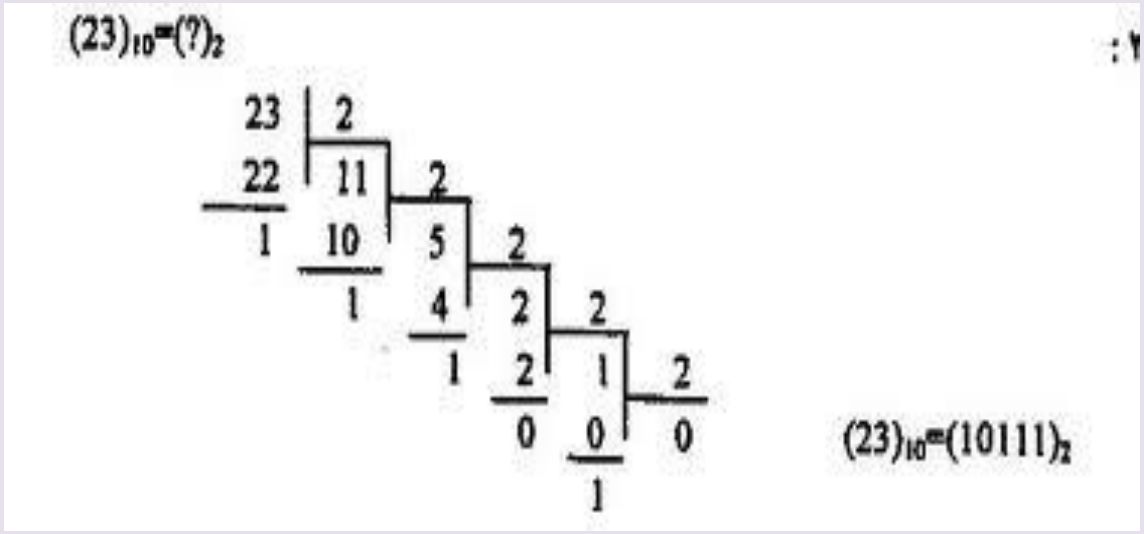
$$2^n=N$$

سیستم کد گذاری دودویی (ادامه ...)

که N ، تعداد پارامتر و n ، طول رشته خواهد بود.

به عنوان مثال ، برای یک مسأله 16 پارامتری ، کروموزوم تعریف شده 4 بیتی خواهد بود.

برای به دست آوردن رشته باینری معادل یک کد ، در مرحله اول کد مورد نظر و در ادامه ، خارج قسمت را به طور متوالی بر عدد دو تقسیم میکنیم. مطابق شکل زیر:

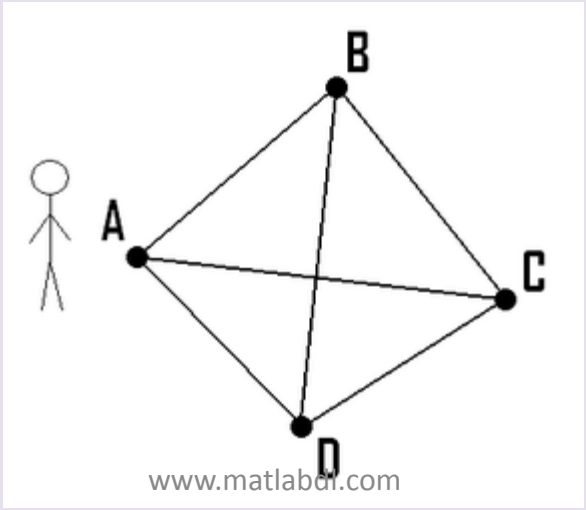


ii. سیستم کد گذاری جایگشتی(Permutation Encoding)

در این روش ، کروموزوم ها به صورت رشته ای از اعدا طبیعی نشان داده می شوندکه هرکدام از این اعداد، مربوط به پارامتر ویژه ای در فضای حل مسأله است.

در این روش نیز ترتیب قرارگیری این اعداد مهم بوده و طول رشته دقیقاً با تعداد پارامترهای تعریف شده در مسئله برابر است.

مثل مسئله فروشنده دوره گرد

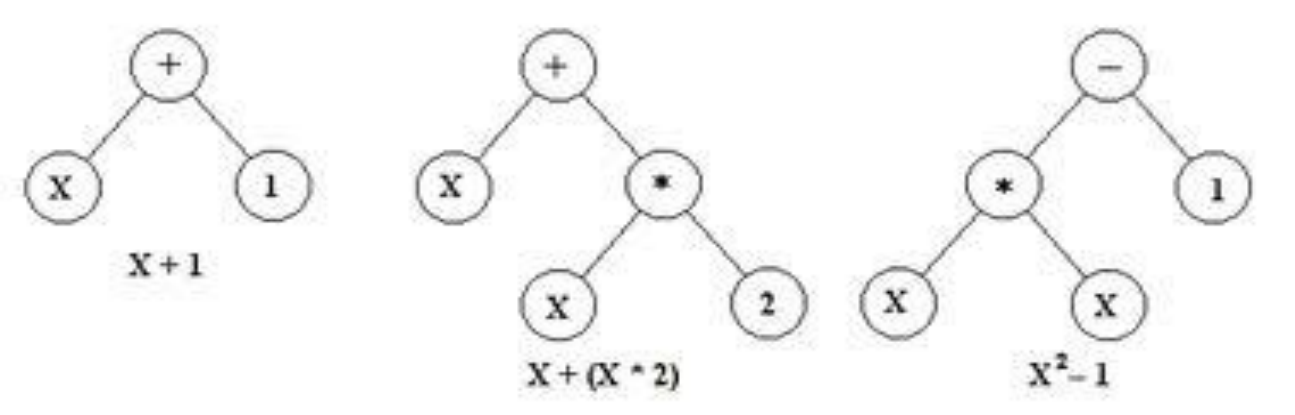


www.matlabdl.com

iii. سیستم کدگذاری درختی(Tree Encoding)

دراین شیوه کدگذاری ، که بیش تر در برنامه نویسی ژنتیک و زبان های برنامه نویسی(هوش مصنوعی) کاربرد دارد ، کروموزوم ها می توانند به صورت درختی ، یک سری توابع ویا یک سری دستورات را اختیار نمایند.

کاربرد دیگر این نوع کدگذاری ، یافتن تابعی بر اساس یک سری داده های معلوم می باشد.



4)سیستم کد گذاری مقدار(value Encoding)

در این روش کدگذاری ، کروموزم ها می توانند هر نوع داده مرتبط با مسئله را در رشته خود اختیار نمایند.

این داده ها ، می توانند از نوع اعداد حقیقی ، عبارات منطقی ، داده های کد شده به صورت رشته های حرفی و .... باشند.

کروموزوم A	۱,۲۳۲۴ ۵,۳۲۴۳ ۰,۴۵۵۶ ۲,۳۲۹۳ ۲,۴۵۴۵
کروموزوم B	ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT
کروموزوم C	(back), (back), (right), (forward), (left)

کد گذاری و قیود مسأله

یک سیستم کد گذاری باید خواص زیر را داشته باشد:

a) تبدیل بین عناصر کد شده و کد نشده باید تبدیل یک به یک باشد.

b) کروموزوم هایی که جواب نیستند را ترمیم کند.

c) هر نقطه در فضای پاسخ قابل تبدیل به یک کروموزوم باشد.

d) خواص خوب والدین قابل انتقال به فرزندان باشد.

e) تغییرات اندک در متغییرهای کد شده ، باعث ایجاد تغییرات کوچک در متغییرهای کد نشده گردد.

2. رمز گشایی(Decoding)

رمزگشایی، عکسِ عمل رمزگذاری است. در این مرحله بعد از اینکه الگوریتم بهترین جواب را براي مسأله ارائه کرد لازم است عکس عمل رمزگذاري روي جواب‌ها اعمال شود تا بتوانیم نسخه واقعي جواب را به وضوح در دست داشته باشیم.

	متغیر X1					متغیر X2				
کروموزوم شماره 1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
مقدار در مبناي 10	6					23				

3.تعیین جمعیت اولیه

بعد از تصمیم گیری درمورد شیوه کد گذاری کروموزوم ها ، جمعیت اولیه باید ایجاد گردد.این مرحله معمولاً با انتخاب تصادفی مقادیر در محدوده مجاز صورت می گیرد.

رابطه زیر محاسبه اندازه جمعیت :

$$N_{Pop} = 1.65 \times 2^{(0.21 \times Lc)}$$

که Lc برابر با طول رشته است.

تابع هدف(Objective Function)

-تابع هدف ، هدف و خواسته ما از طرح مسأله است.یعنی تابع هدف ، شاخصی از نحوه عملکرد افراد در فضای مسأله می باشد.

برای مثال ، در مسأله ای که هدف مینیمم سازی باشد ، مناسب ترین فرد آنست که تابع هدفش ، کم ترین مقدار را داشته باشد.

4. برازندگی(Fitness)

تابع برازندگی برای تبدیل مقادیر تابع هدف به مقیاسی برای سازگاری و کارایی نسبی افراد به کار می رود.در بعضی از موارد مقدار تابع برازندگی (برازش) متناسب با تعداد فرزندانی است که انتظار می رود از آن کروموزوم تولید شود. متغیری به نام sp برای تعیین تمایل انتخاب بهترین فرد معین شده و برازش دیگر افراد به وسیله ی رابطه زیر محاسبه می شود:

$$F(x_i) = 2 - sp + 2(sp - 1)\frac{i - 1}{N_{pop} - 1}$$

F مقدار برازش ، N تعداد افراد و x فردی دارای مرتبه i است.

5. انتخاب افراد(Selection)

هرگاه فردی در یک نسل انتخاب شود ، به این معنی است این فرد شایستگی تولید مثل و یا حضور مستقیم در نسل بعد را خواهد داشت.

به عبارت دیگر ، تعداد فرزندانی که از یک فرد به وجود خواهد آمد ، در این مرحله مشخص می شوند.

مرحله اول انتخاب مربوط به تبدیل برازش افراد به احتمال شرکت افراد در مرحله تکثیر است و اکثراً در مرحله تعیین برازش انجام می شود.

مرحله دوم ، انتخاب احتمالی افراد است که بر اساس برازش نسبی صورت می گیرد و نمونه برداری خوانده می شود.

تکنیک های انتخاب

انتخاب ، شیوه ها و تکنیک های متنوعی دارد که بسته به نوع مسئله و شرایط حاکم بر آن ، دارای کارآیی های خاص خود می باشند.

برخی از این تکنیک ها عبارتند از:

A. چرخ گردان(چرخ رولت)

B. نمونه برداری تصادفی کلی

C. انتخاب مسابقه ای

A. چرخ گردان(Roulatte Wheel)

در این نوع انتخاب ، یک فاصله ، از صفر تا مجموع برازش ها در نظر گرفته می شود.سپس مقادیر برازش آن ها ، در کنارهم روی این فاصله قرار می گیرند.

سایز فاصله مربوط به هر فرد ، متناسب با برازش آن است.

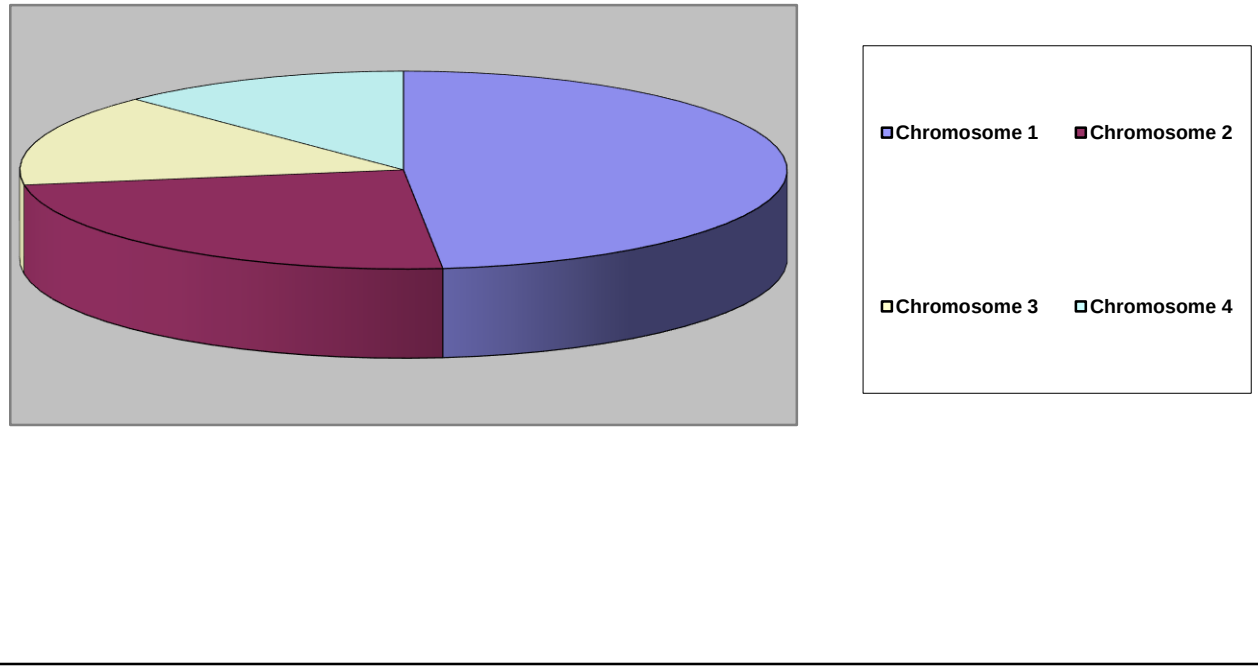
محیط دایره برابر مجموع برازش های کلیه افراد جمعیت است.

برای انتخاب یک فرد ، عددی بین صفر تا مجموع برازش ها انتخاب شده و فردی که این نقطه در محدوده مربوط به آن قرار می گیرد انتخاب می شود .این فرآیند تا انتخاب تعداد افراد لازم تکرار می گردد.

احتمال انتخاب در چرخ گردان :

$$P_k = \frac{f_k}{\sum_{i=1}^{n} f_i}$$

نمونه ای از چرخ رولت



B. نمونه برداری تصادفی کلی(Stochastic universal Sampling)

در این روش به جای انتخاب یک فرد در هر مرحله ، تمامی افراد لازم را با هم انتخاب می کنیم.

اگر N انتخاب لازم باشد ، عددی مثل P را در فاصله صفر تا حاصل تقسیم مجموع برازش ها بر N به صورت تصادفی انتخاب کرده و افراد را با یک ترتیب تصادفی می چینیم.حال N نشان گر را در موقعیت های P و P+1 و ....P+N-1 قرار می دهیم. هر فردی که نشان گر بر روی آن قرار گیرد ، انتخاب می شود.

C. انتخاب مسابقه ای (tournament selection)

شیوه ی دیگری از فرایند انتخاب ، انتخاب مسابقه ای است.

در این روش هر بار ، تعدادی زیاد و یا چند کروموزم به وسیله چرخ گردان انتخاب شده و از میان آن ها ، بهترینشان انتخاب می شود و این کار تا انتخاب تمام افراد لازم ادامه می یابد.یعنی هر بار دو فرد به وسیله چرخ گردان انتخاب می شوند و بین آنها مقایسه صورت می گیرد.

- اگر هردو مجاز بودند آن که برازش بالاتری دارد انتخاب می شود.
- اگر هردو غیر مجاز بودندآن که انحراف قید کم تری دارد انتخاب می شود
- اگر یکی مجاز و دیگری غیر مجاز باشد ، آن که مجاز است انتخاب می شود.

6. تقاطع (Crossover)

وقتی که دو فرد از افراد یک نسل بر اساس برازندگی خود در مرحله انتخاب ، گزینش شوند ، اجازه تولید مثل و تولید فرزندان جدید را خواهند داشت. عمل پیوند میان این دو فرد و تولید مثل نسل بعدی به وسیله ی عملگر تقاطع یا همان پیوند صورت می گیرد. عملگر تقاطع ، انواع مختلفی دارد که بر اساس نوع مسأله و کد گذاری ، برای ایجاد پیوند میان والدین یک نسل به کار برده می شود.

برخی از انواع تقاطع:

i. تقاطع یک نقطه ای

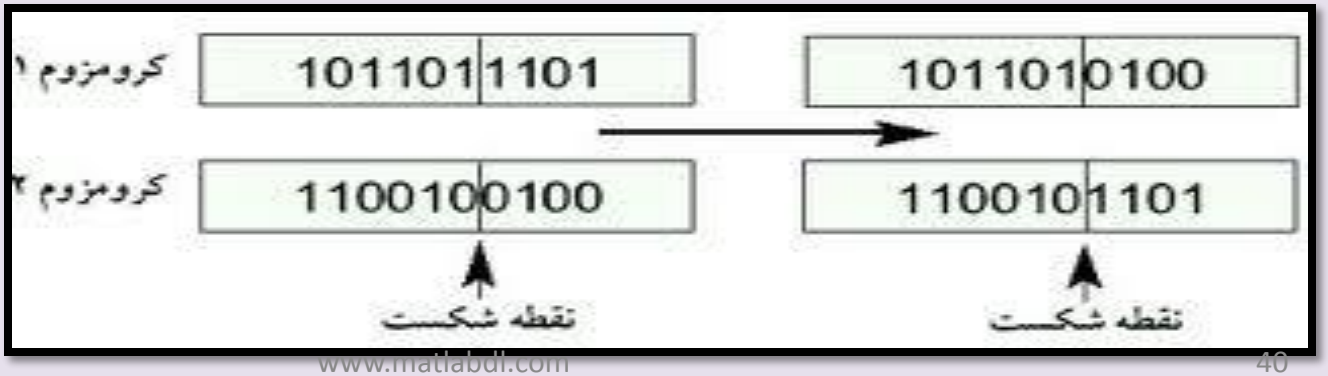
ii. تقاطع چند نقطه ای

iii. تقاطع بر اساس جهت گیری

i. تقاطع یک نقطه ای

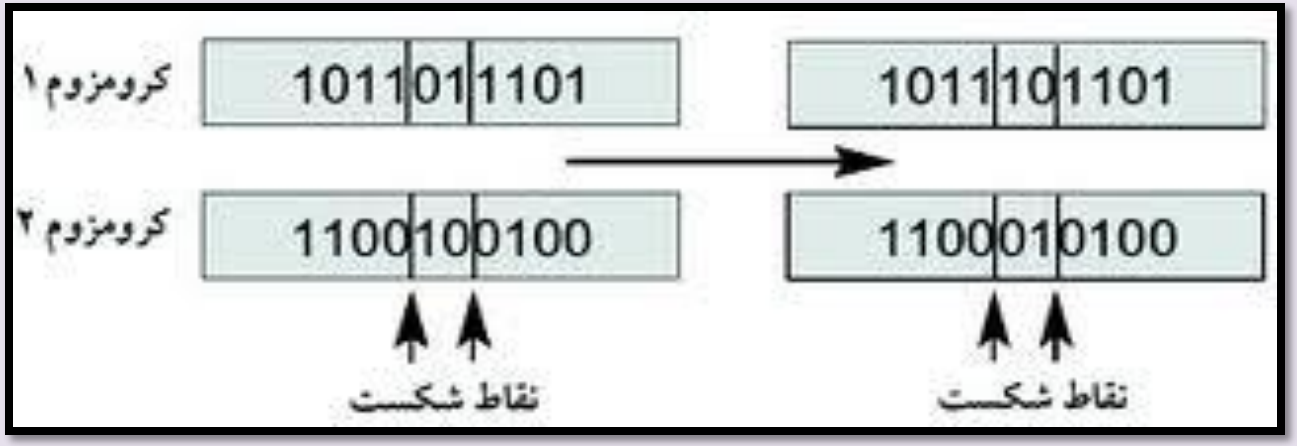
ساده ترین نوع تقاطع ، تقاطع یک نقطه ای است.

دو رشته کروموزم را در نظر بگیرید.اگر یک عدد صحیح از یک تا تعداد ارقام رشته منهای یک ، انتخاب کنیم و اطلاعات دو رشته را در دو طرف این نقطه عوض کنیم ، دو رشته جدید به وجود می آید که آن ها را فرزند می خوانیم. بعنوان مثال عدد 5 برای دو رشته والدین زیرانتخاب شده است:



ii. تقاطع چند نقطه ای

در این روش ، تعدادی نقطه روی کروموزوم انتخاب شده و آن را به چند قسمت تقسیم می کند. سپس قسمت های مشابه از کروموزم ها یکی در میان ، با هم عوض می شوند. اولین قسمت هر دو کروموزم بدون تغییر نگه داشته می شوند.



iii. تقاطع بر اساس جهت گیری

روش دیگر تقاطع بر اساس جهت گیری است.در این روش اگر کروموزم دارای متغییر X2 از کروموزم دارای متغییر X1 ، از لحاظ برازندگی بهتر باشد ، آن گاه

$$X' = r(X2 - X1) + X2$$

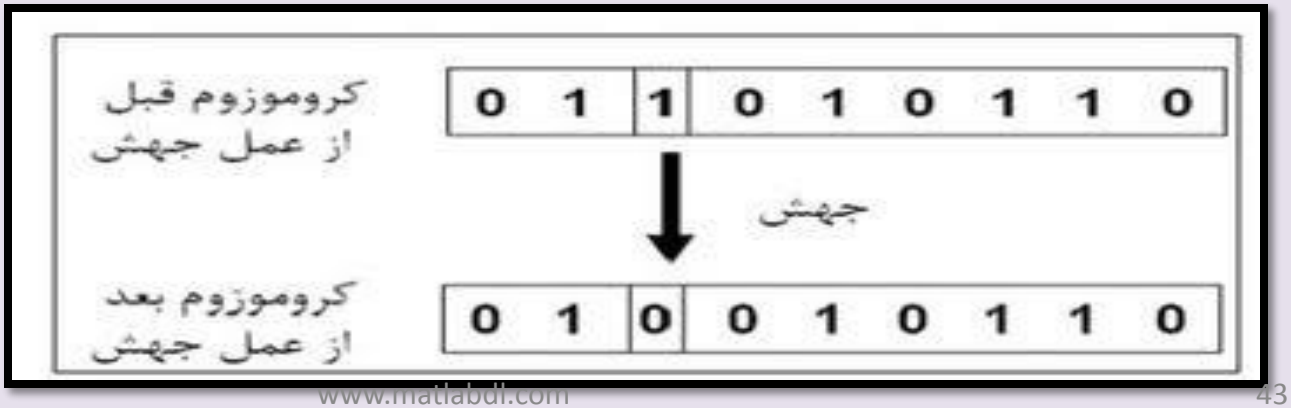
که r ، یک عدد تصادفی بین صفر ویک است.

7. جهش (Mutation)

درطبیعت ، جهش ، فرآیندی است که در آن یک بخش از یک ژن به صورت تصادفی تغییر میکند. در جهش ، هر فرد به تنهایی ، با توجه به قوانین احتمال می تواند تغییر کند.

در نمایش دودویی رشته ها ، جهش ، به معنای تغییر مقدار یکی از خانه های رشته ، از صفر به یک و یا از یک به صفر می باشد

عمل جهش تضمین می کند که بدون توجه به پراکندگی جمعیت اولیه احتمال جستجوی هر نقطه از فضای مسأله هیچ گاه صفر نشود.



اگر از کد گذاری دودویی استفاده نکنیم ، جهش به متغییرها مقادیر جدیدی در محدوده مجاز آن ها نسبت می دهد. رابطه زیر برای جهش در اعداد حقیقی پیشنهاد شده است :

$$P_m = \frac{1}{N}$$

که **N** تعداد ژن های کروموزم است.

حذف (Delete)

این عملگر با یک احتمال ، که مانند احتمال جهش ثابت ویا متغییر است ، به کروموزم ها اعمال می گردد و یک خانه از رشته کروموزوم را حذف می کند.سپس خانه حذف شده باید به گونه ای جا به جا شود که خانه حذف شده به بیرونی ترین خانه رشته منتقل شود و باقی خانه ها با حفظ ترتیب خود به سطوح پایین تر بروند.

تعویض یا جا به جایی (Swapping)

این عملگر به صورت تصادفی موقعیت دو خانه از رشته کروموزوم ، که شامل حذف خانه های حذف شده نیز می شود ، را با هم عوض می کند. در انتها و در صورت نیاز خانه های حذف شده که به میان خانه های حذف نشده راه یا فته اند ، به خارجی ترین سطح منتقل می شوند.

8. الگوریتم نخبه گرا (Elitist)

معمولاً تعداد افراد نسل جدید را برابر نسل قبل در نظر می گیرند.در بعضی الگوریتم ها ، فقط تعداد کمی فرد جدید در هر مرحله ایجاد شده و باقی از نسل قبل منتقل می شوند.اگر تعدادی از بهترین کروموزم ها را بدون تغییر به نسل بعد ببریم ، الگوریتم نخبه گرا نامیده می شود .

در مواردی که تعداد زیادی جواب نزدیک به هم داشته باشیم این روش از ثبات لازم برخوردار نخواهد بود.

اما در مواردی که یک بهینه کلی داریم این روش مناسب به نظر می رسد.

اعمال قید ها در بهینه سازی

بسیاری از مسائل دارای قیدهایی به صورت معادلات و یا نامعادلات هستند.

روش های اعمال قید به سه دسته ی کلی ، **جریمه ای ، ترمیمی و حذفی** تقسیم می شوند. تمامی کروموزوم هایی که در قیدها صدق نمی کنند ، حذف می شوند.

در روش ترمیمی ، کروموزوم غیر مجاز در طی فرآیندی به یک کروموزوم مجاز تبدیل می شود.

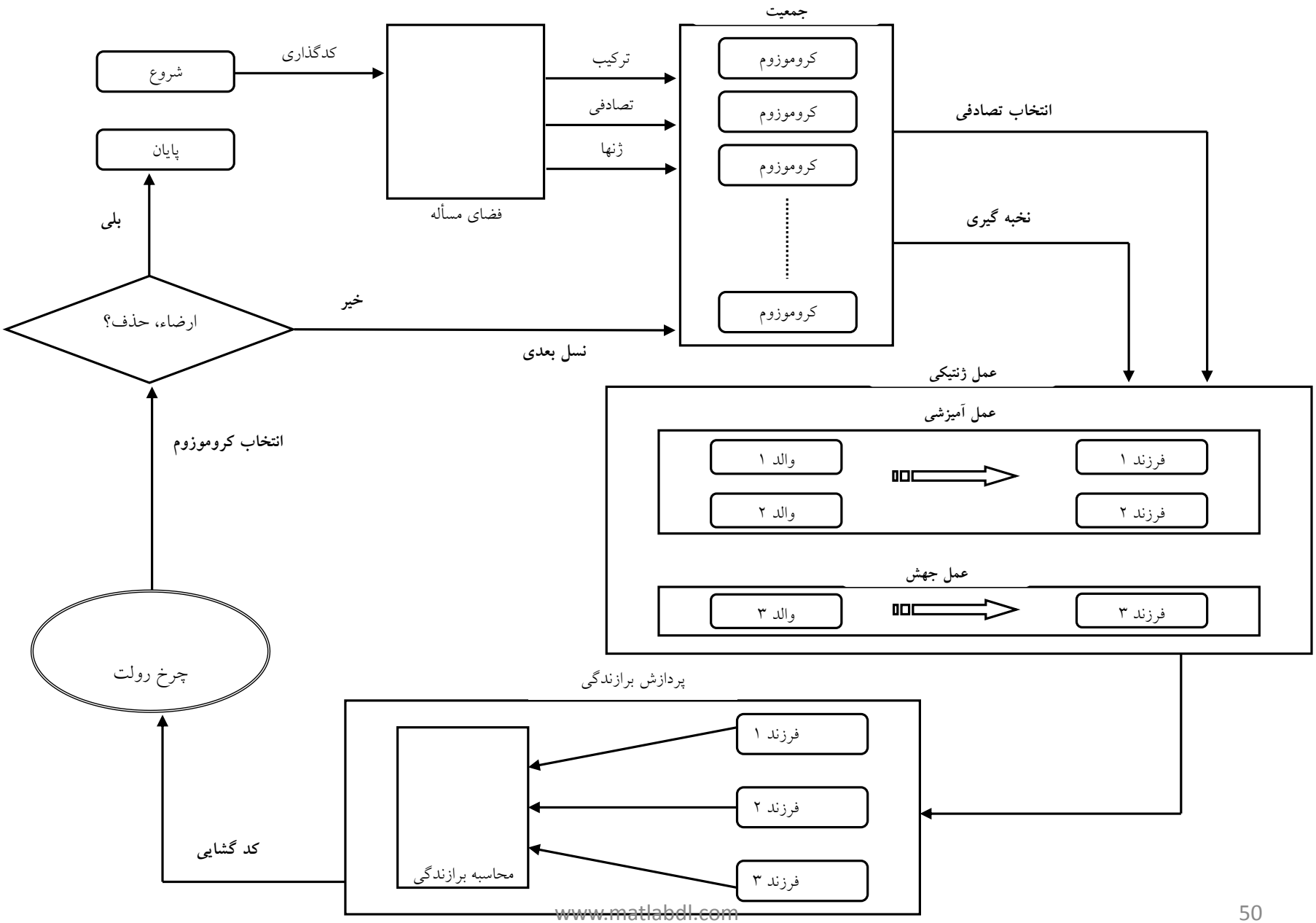
روش جریمه ای متداول ترین شیوه در مسائل دارای قید است.در این شیوه با اضافه کردن تابع جریمه به تابع هدف ، مسأله از حالت مقید به حالت بدون قید تبدیل می شود. بدین طریق الگوریتم با کروموزوم های مجاز و غیر مجاز به سوی نقطه بهینه حرکت می کند .

9. دستور خاتمه الگوریتم

از آنجا که الگوریتم ژنتیک یک روش جستجوی تصادفی است ، ارائه فرمول خاصی برای پایان آن مشکل است .برخی از شروط توقف عبارتند از:

- ✓رسیدن به جواب
- ✓عدم پیشرفت
- ✓تولید تعداد مشخصی نسل
- ✓بازرسی دستی
- ✓ترکیب‌های بالا

چارت عملکرد الگوریتم ژنتیک



www.matlabdl.com

چارت الگوریتم به صورت شبه کد

```
PSEUDO CODE of GA
t:=0;                                   // start with an initial time
nit_population P(t);                    // initialize a usually random population of individuals
evaluate P(t);                          // evaluate fitness of all initial individuals of population
while (not done) do                     // test for termination criterion (time, fitness, etc.)
t:=t+1;                                                 // increase the time counter
P':=select_parents P(t);                // select a sub-population for offspring production
recombine P' (t);               // recombine the "genes" of selected parents
mutate P' (t);                          // perturb the mated population stochastically
evaluate P'(t);                         // evaluate it's new fitness
P:=survive P,P'(t);                     // select the survivors from actual fitness
end GA.
```

مزایای GA

- دستیابی به نقطه بهینه کلی (Global Optima)به جای نقطه بهینه محلی
- فهم آسان
- امکان استفاده به صورت توزیع شده و موازی
- پشتیبانی از بهینه سازی چندتابعی
- بهینه سازی سیستم های گسسته و پیوسته

معایب GA

-اما مشکل اصلی الگوریتم ژنتیک علیرغم سادگی پیاده‌سازی، هزینه اجرای آنست.اغلب حل یک مسئله نیازمند تولید چندین هزار نسل از کروموزم‌هاست و این مسئله نیاز به زمان زیادی دارد(خصوصا اگر تعداد جمعیت اولیه زیاد باشد و نیز تابع هدف تابع پیچیده‌ای باشد).

انواع الگوریتم ژنتیک

انواع بسیاری برای GA شناخته شده است که در اینجا به تعدادی از آنها اشاره می‌کنیم:

- الگوریتم ژنتیک سری
- الگوریتم ژنتیک موازی
- الگوریتم ژنتیک آشفته
- الگوریتم ژنتیک هیبرید
- الگوریتم ژنتیک خودسازمان
- الگوریتم ژنتیک زایشی
- الگوریتم ژنتیک حالت دائمی

کاربردهای GA

کاربرد اول: طراحی خودرو

کاربرد دوم: طراحی مهندسی

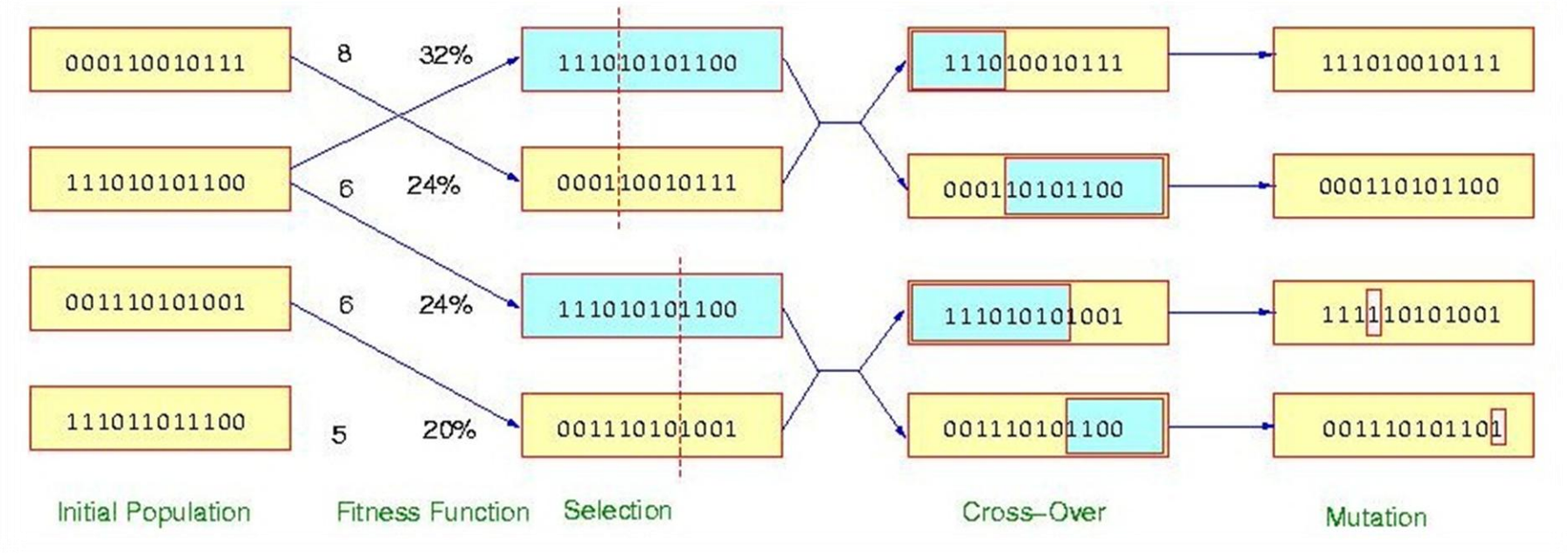
کاربرد سوم: رباتیک

کاربرد چهارم: سخت افزارهای قابل تکامل

کاربرد پنجم: مسیریابی مخابرات تلفنی بهینه شده

کاربرد ششم: هک کردن و کُد شکنی

GA دریک نگاه


000110010111
111010101100
001110101001
111011011100
8
32%
6
24%
6
24%
5
20%
111010101100
000110010111
111010101100
001110101001
111010010111
000110101100
111010101001
001110101100
111010010111
000110101100
111110101001
001110101101
Initial Population
Fitness Function
Selection
Cross–Over
Mutation

منابع:

- کتاب: الگوریتم های ژنتیک و بهینه سازی از مهندس امید باوی و دکتر منوچهر صالحی
- کتاب: الگوریتم های ژنتیک و کاربردهای آن با ترجمه و تألیف مهندس مهدی علیرضا
- اینترنت
- وچند فایل پی دی اف درمورد الگوریتم ژنتیک

حل یک مثال ساده به صورت عملی

باتشکر

پایان