

پردازش تکاملی

پردازش تکاملی Evolutionary Computing (قسمت دوم)

دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجتمع دانشگاهی فن آوری اطلاعات و امنیت

زمستان ۱۳۹۲

Basic Components

مفاهیم اصلی

بازنمایی

ارزیابی

جمعیت

انتخاب والدین

جفتگیری

جهش

انتخاب بازمانده

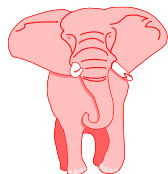
خاتمه

بازنمایی

افراد دارای ۲ سطح موجودیت می باشند:

- فنوتیپ (phenotype): شی از نظر مسائل اصلی، در خارج
- ژنوتیپ (genotype): دستورالعملی برای معنی دادن جسم، در داخل (کروموزوم a.k.a. "DNA دیجیتالی")

phenotype: فنوتیپ



ژنوتیپ: genotype

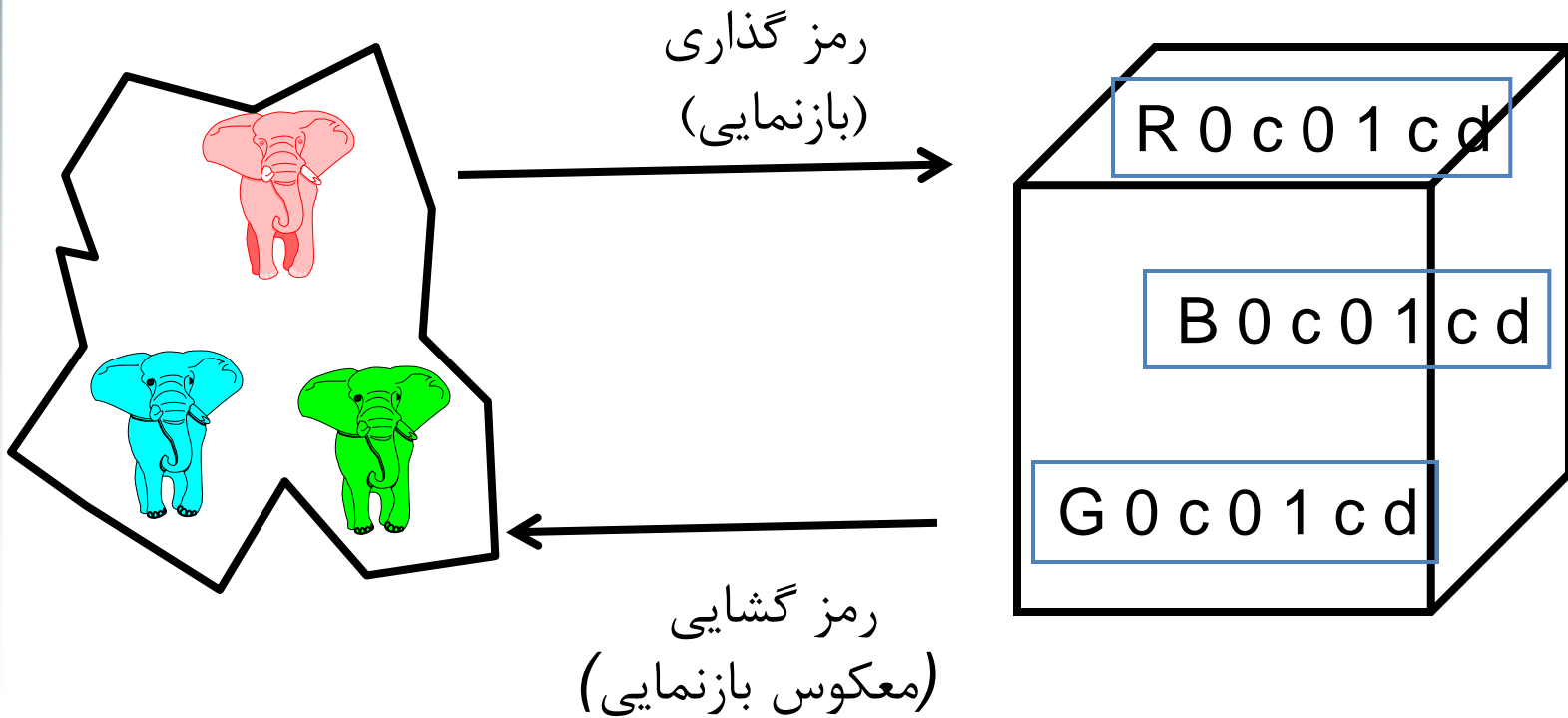
a d c a a c b

ارتباط بین این سطوح بازنمایی نامیده می شود.

بازنمایی

فضای ژنوتیپ

فضای فنوتیپ



بازنمایی ها

- راه حل های داوطلب (افراد) در فضای فنوتیپ وجود دارد
- آنها در کروموزوم های موجود در فضای ژنوتیپ کدگذاری می شوند
 - کدگذاری: فنوتیپ \Rightarrow ژنوتیپ
 - رمز گشایی: ژنوتیپ \Rightarrow فنوتیپ
- کروموزوم ها شامل ژن هایی می باشند که در موقعیت هایی به نام جایگاه (معمولا ثابت) می باشد (منبع مفرد) و دارای ارزش (آل $allele$) می باشند.

به منظور یافتن بهینه کلی، هر راه حل عملی باید در فضای ژنوتیپ نشان داده شود.

بررسی (تناسب) تابع

- بازنمایی نیازمندیها به منظور انطباق افراد با آنها
- تابع کیفیت a.k.a. یا تابع هدف
- اختصاص یک تناسب حقیقی به هر یک از فنوتیپ که پایه ای برای انتخاب تشکیل می ده
- بنابراین تفکیک پذیری بیشتر (مقادیر متفاوت) بهتر است
- به طور معمول بیشتر صحبت ما در مورد تناسب می باشد
- برخی از مشکلات ممکن است به عنوان بهترین مشکلات برای حداقل رساندن مطرح شوند، اما تغییر اهمیت چندانی ندارد.

جمعیت

- (بازنمایی) راه حل های ممکن را نگه می دارد .
- معمولا دارای اندازه ثابت و یک چند مجموعه ای از ژنوتیپ است
- برخی EA های پیچیده از ساختار فضایی جمعیت همانند شبکه حمایت می کنند.
- اپراتورهای انتخاب معمولا کل جمعیت را به عنوان مثال، احتمال باروری را نسبت به نسل فعلی به حساب می آورند.
- **تنوع** جمعیت اشاره به تعداد ارزش تناسبات مختلف / فنوتیپ / ژنوتیپ در حال حاضر دارد. (توجه داشته باشید نه چیزی مشابه به همین)

مکانیزمهای انتخاب والدین

- تخصیص احتمالات متغیر از اقدام افراد به عنوان والدینی که وابسته اند به ارزش تناسب خود
- معمولا احتمالی
 - راه حل های با کیفیت بالا احتمال بیشتری از کیفیت پایین برای تبدیل شدن به والدین را دارد.
 - اما تضمینی وجود ندارد
 - حتی در جمعیت فعلی در بدترین حالت معمولا احتمال تبدیل شدن به یک والد غیر صفر می باشد.
- این ماهیت تصادفی می تواند در فرار از حالت بهینه محلی کمک نماید

اپراتورهای تنوع

- نقش (رول) راه حل های جدید داوطلب را تولید می نماید
- معمولاً به با توجه به **arity** خود (تعداد ورودی) دو نوع تقسیم می شوند:

- 1-Arity: اپراتور جهش

- 1-Arity: اپراتورهای نو ترکیبی

- 2-Arity: به طور معمول به نام متقاطع

- بحث های زیادی در مورد اهمیت نسبی نو ترکیبی و جهش شده است
 - امروزه بیشتر EAS از هر دو استفاده می کنند.
 - انتخاب اپراتورهای تنوع خاص به بازنمایی وابسته است.

جهش

- اعمال در یک ژنوتیپ و ارائه به دیگری
- عنصر تصادفی ضروری است و آن را از دیگر اپراتورهای اکتشافی یگانی متمایز می نماید
- اهمیت نسبت داده شده بستگی دارد بازنمایی و گویش:
 - اپراتور پس زمینه مسئول حفظ و معرفی تنوع - دودویی GA
 - EP برای FSM / متغیرهای پیوسته - تنها اپراتور جستجو
 - GP - به سختی استفاده می شود
- ممکن است ارتباط فضای جستجو و از این رو اثبات های همگرایی تضمین شود

نو ترکیبی

- ادغام اطلاعات را از والدین به فرزندان
- انتخاب چه اطلاعاتی برای ادغام تصادفی است
- اکثر فرزندان ممکن است بدتر یا همانند والدین شوند
- امید است که برخی با استفاده از ترکیب عناصر ژنوتیپ که منجر به تولید صفات خوب می شود، بهتر شوند

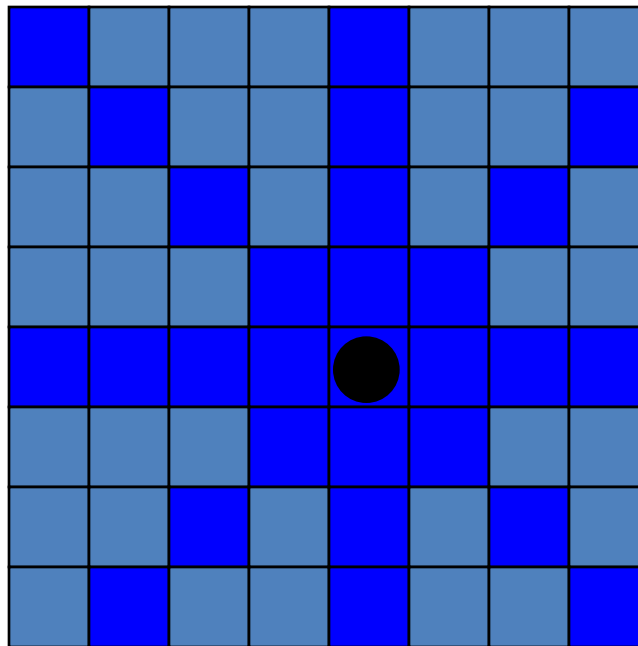
انتخاب بازمانده

- جایگزینی a.k.a.
- بیشترین EAها از اندازه جمعیت ثابت استفاده می نمایند بنابراین نیاز به یک راه رفتن از (والدین + فرزندان) به نسل بعدی حس می شود.
- اغلب قطعی
- مبتنی بر تناسب : به عنوان مثال، رتبه بندی والدین + فرزندان و بهترین
- مبتنی بر سن : بسیاری از فرزندان به عنوان والدین در نظر می گیرد و همه والدین را حذف می نماید
- گاهی اوقات آنها را ترکیب (نخبه گرایی) می نماید

مقداردهی شروع / پایان

- مقداردهی اولیه معمولاً به صورت تصادفی انجام می شود،
 - باید از گسترش و ترکیب مقادیر آل ممکن اطمینان حاصل شود
 - می تواند شامل راه حل های موجود، و یا استفاده از فن آوری هوشمند برای حل مشکل خاص، به منظور "تولید مثل" جمعیت باشد
- در هر تولید نسل شرط خاتمه بررسی می شود
 - رسیدن به برخی از تناسب (شناخته شده است / برای امید تناسب)
 - رسیدن به برخی از حداکثر تعداد مجاز نسل
 - رسیدن به برخی از حداقل سطح تنوع
 - رسیدن به برخی از تعداد مشخصی از نسل بدون بهبود تناسب

به عنوان مثال: مشکل ۸ ملکه

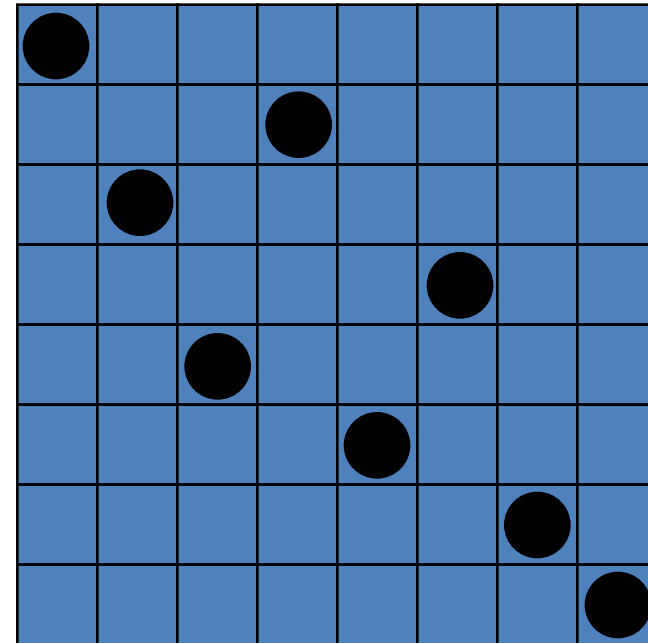


محل ۸ ملکه در صفحه شطرنج 8×8 به گونه ای است که آنها نمی توانند یکدیگر را چک نمایند


مشکل ۸ ملکه: بازنمایی

فینوتیپ: پیکربندی تابلو

ژنوتیپ: یک جایگشت از
اعداد ۱ - ۸



نقشه برداری مشهود



1	3	5	2	6	4	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

مساله ۸ ملکه: ارزیابی تناسب

- جریمه ملکه:
- تعداد ملکه هایی که او می تواند چک کنید.
- جریمه پیکربندی:
- مجموع اختلالات تمام ملکه.
- توجه: جرایم به حداقل برسد
- تناسب پیکربندی:
- جریمه معکوس برای به حداکثر رساندن

مشکل ۸ ملکه: جهش

تغییرات کوچک در یک جایگشت، به عنوان مثال:

• مبادله مقادیر دو موقعیت با انتخاب به طور تصادفی،

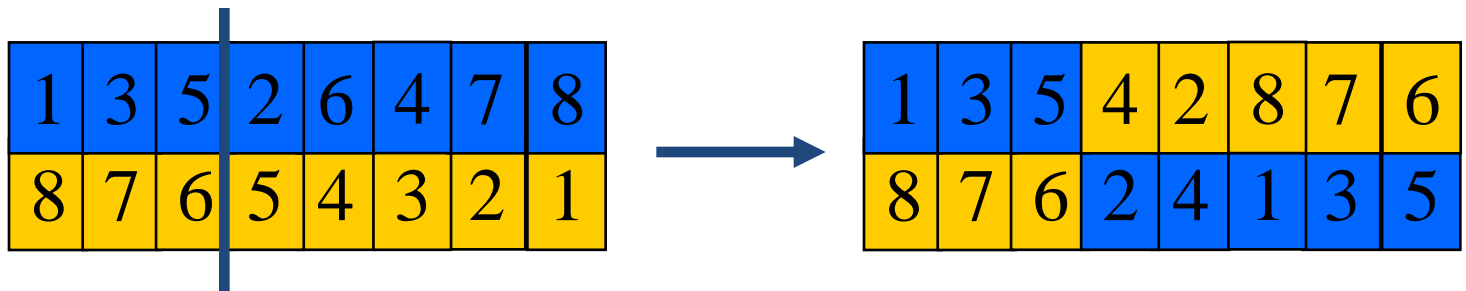


مشکل ۸ ملکه: نو ترکیبی

ترکیب دو جایگشت به دو جایگشت جدید:

- نقطه متقاطع تصادفی را انتخاب کنید
- کپی قطعات اول به کودکان
- ایجاد بخش دوم با قرار دادن ارزش ها از دیگر والدین:

- در آنها به نظر می رسد وجود دارد
- شروع بعد از نقطه متقاطع
- پرش ارزش موجود در کودک



مشکل ۸ ملکه: انتخاب

- انتخاب پدر و مادر:

- انتخاب ۵ پدر و مادر و دوتا از بهترین آنها تحت متقاطع

- انتخاب بازماندگان (تعویض)

- هنگام وارد کردن یک کودک جدید به جمعیت، عضو موجود برای جایگزینی توسط آن کودک را انتخاب کنید

- مرتب سازی بر کل جمعیت با کاهش تناسب

- برشمردن این لیست از بالا به پایین

- جایگزینی برای اولین بار با آمادگی جسمانی پایین تر از کودک داده شده

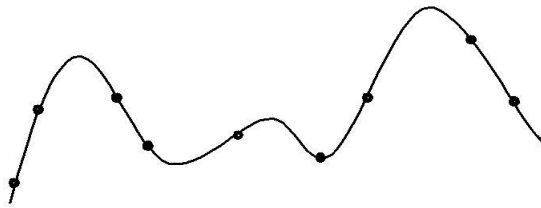
۸ کوئینز و پیگیری مشکلات: خلاصه

Representation	Permutations
Recombination	“Cut-and-crossfill” crossover
Recombination probability	100%
Mutation	Swap
Mutation probability	80%
Parent selection	Best 2 out of random 5
Survival selection	Replace worst
Population size	100
Number of Offspring	2
Initialisation	Random
Termination condition	Solution or 10,000 fitness evaluation

set of choices Note that it is ***only one possible***
of operators and parameters

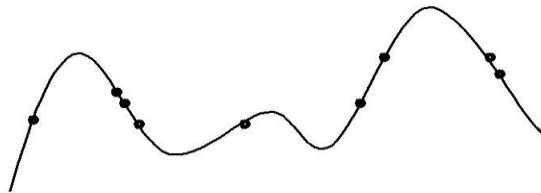
انواع رفتار EA

فازها در بهینه سازی روی یک فضای متناسب یک بعدی است.



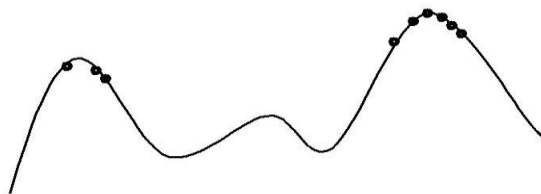
فاز اول:

توزیع جمعیت شبه تصادفی



فاز میانی:

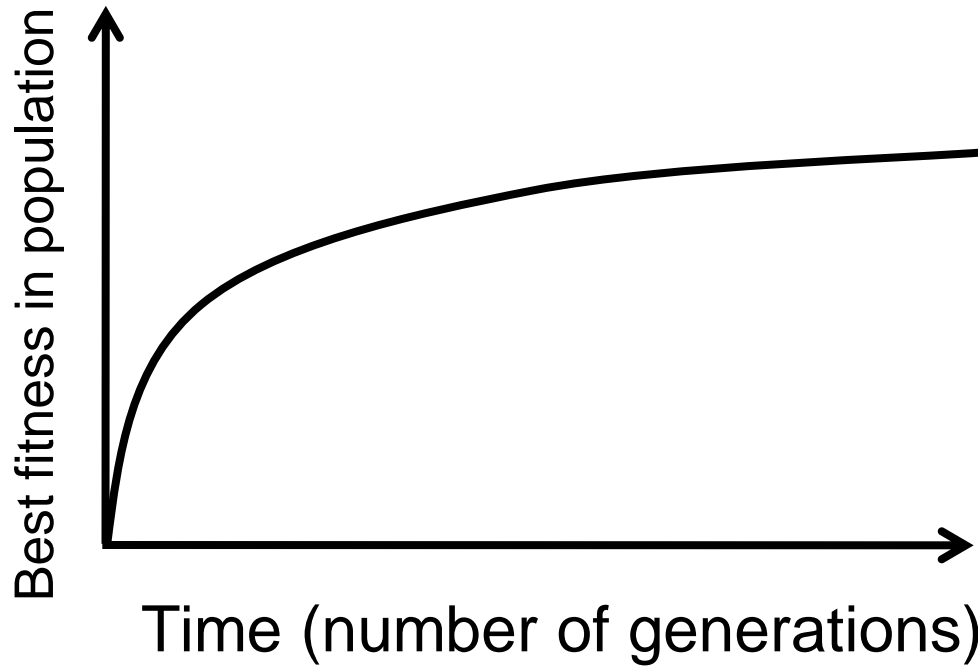
جمعیت مرتب شده روی منحنی



فاز پایانی:

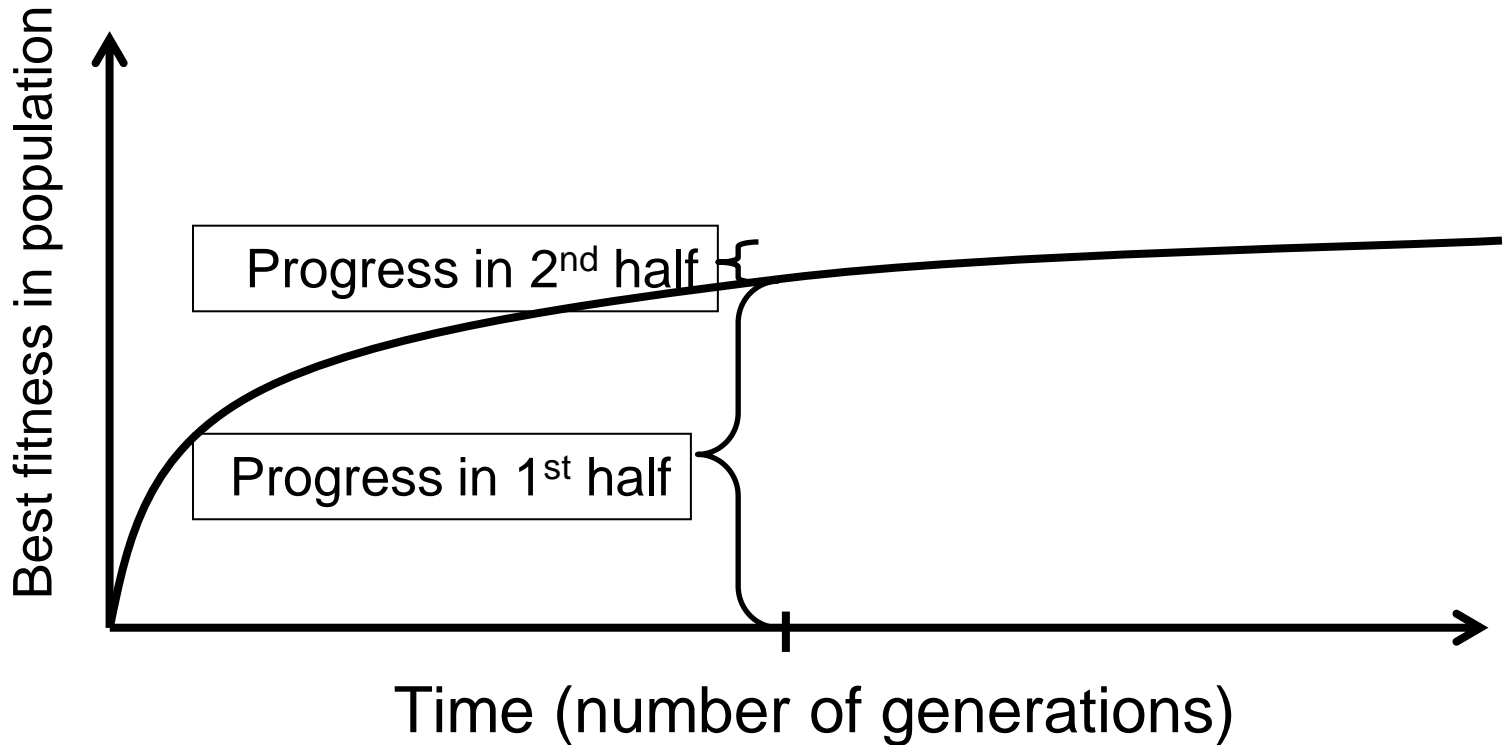
جمعیت متمرکز شده روی بالای منحنی

اجرای نمونه: پیشرفت تناسب



اجرای نمونه از EA به اصطلاح “رفتار در هر زمان” را نشان می دهد.

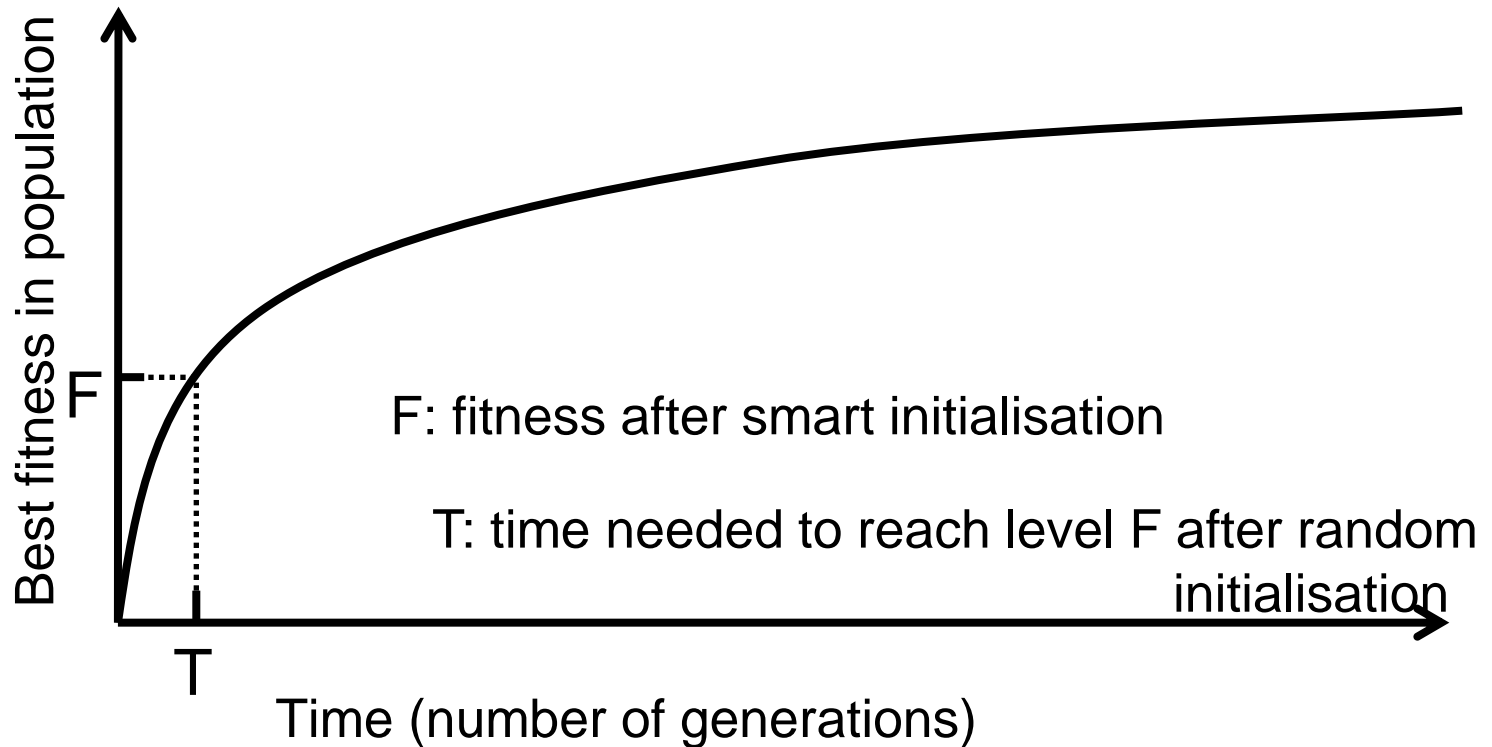
آیا اجرای طولانی مفید است؟



پاسخ:

- بستگی به آخرین میزان پیشرفتی دارد که می خواهید داشته باشید
- ممکن است انجام دادن اجراهای کوتاه تر بهتر باشد.

آیا صرف تلاش برای مقداردهی اولیه هوشمند با ارزش است؟



پاسخ: بستگی دارد به:

- احتمالا، اگر راه حل / روش خوب وجود داشته باشد.

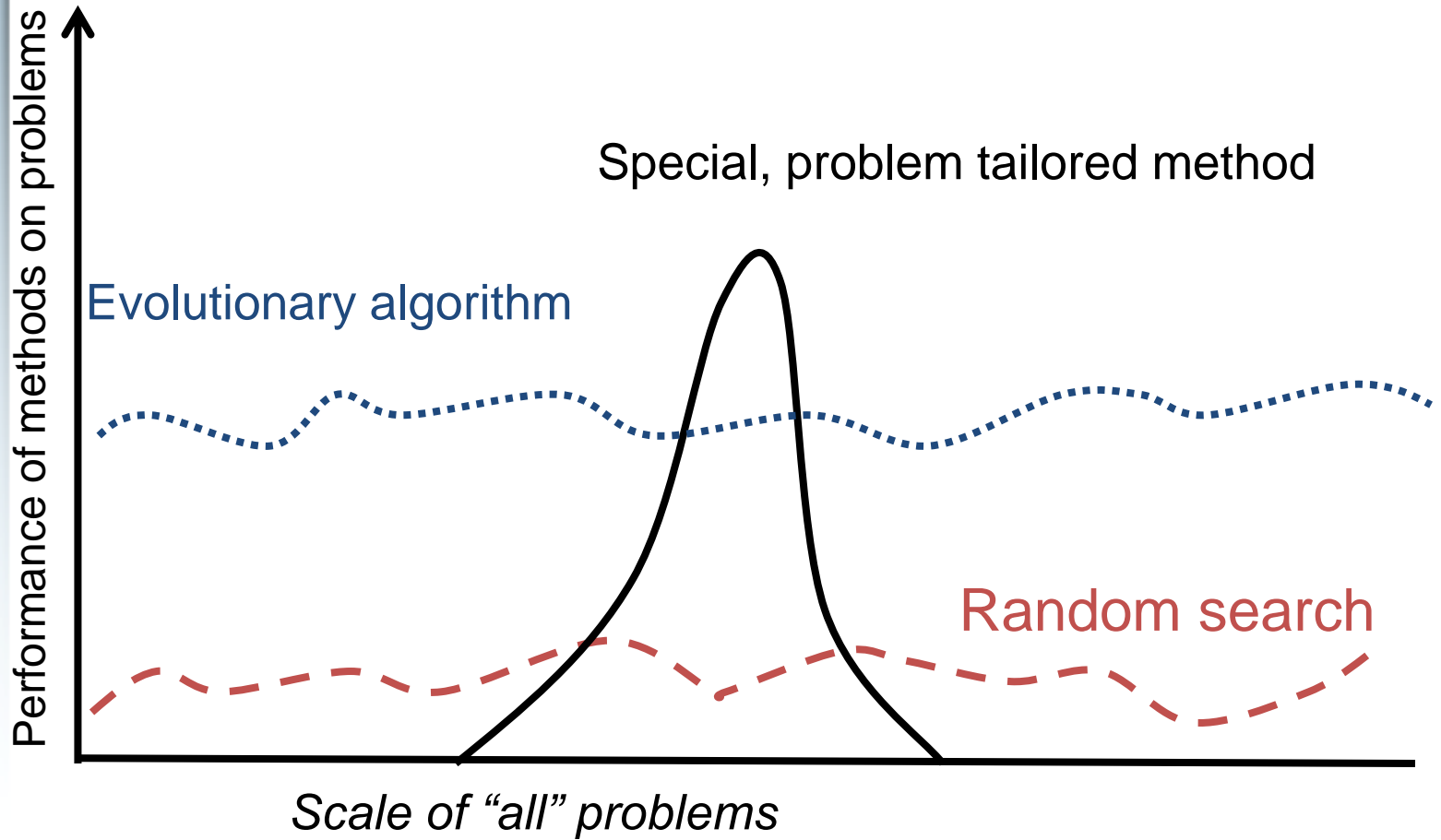
- مراقبت احتیاج دارد، فصل hybridisation را ببینید.

الگوریتم های تکاملی محتوا

- دیدگاه های بسیاری در استفاده از EA به عنوان ابزار حل مشکلات قدرتمند وجود دارد.
- برای بسیاری از مشکلات، یک ابزار مشکل خاص ممکن است باشد:
- ارائه راه حل بهتر نسبت به یک الگوریتم جستجوی عمومی در اغلب موارد
 - دارای کاربرد محدود
 - روی تمام موارد خوب انجام نمی شود.
- هدف ارائه ابزار قوی است که فراهم کند:
 - عملکرد نسبتا خوبی
 - طیف وسیعی از مشکلات و موارد را در برگیرد.

EAها به عنوان حل کننده مشکلات

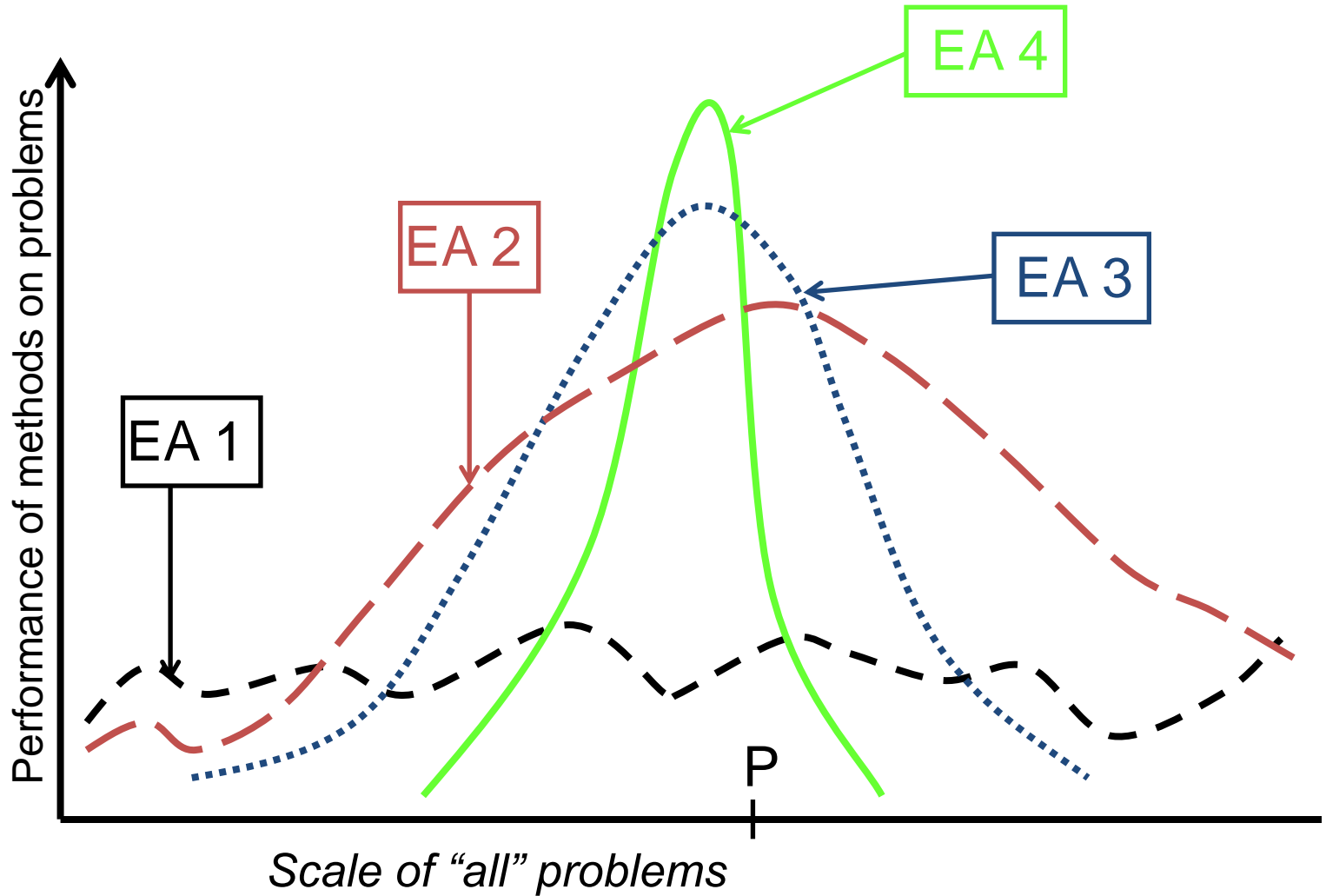
دیدگاه گلدبرگ (1989)



EAها و قلمرو دانش

- روند در دهه ۹۰:
- اضافه کردن دانش خاص مشکل به EAها
(اپراتورهای تفاوت خاص، تعمیر و غیره)
- نتیجه: "تغییر شکل" منحنی عملکرد EA:
- روی مشکلات از نوع داده شده بهتر است.
- روی مشکلات متفاوت از نوع داده شده بدتر است.
- میزان دانش اضافه شده متغیر است.
- تئوری اخیر نشان می دهد که جستجو برای الگوریتم "همه منظوره" ممکن است بی ثمر باشد.

دیدگاه Michalewicz ۱۹۹۶



EC و بهینه سازی عمومی

- بهینه سازی عمومی: جستجو برای یافتن بهترین راه حل x^* از مجموعه ثابت S
- روش های قطعی
 - به عنوان مثال، جعبه تجزیه (شاخه و حد و غیره)
 - تضمین می کند یافتن x^* ، اما ممکن است در زمان فوق العاده چند جمله ای اجرا شود.
 - روش های اکتشافی (فن آوری هوشمند) (تولید و آزمون)
 - قوانینی برای تصمیم گیری است که $x \in S$ برای تولید بعدی no
 - تضمین می کند که بهترین راه حل یافته شده در سطح جهانی بهینه است.

EC و جستجوی همسایگی

- بسیاری از فن آوری هوشمند ساختار همسایگی را در S تحمیل می کنند.
- چنین فن آوری هوشمندی ممکن است تضمین کند که بهترین نقطه یافته شده به طور محلی بهینه است به عنوان مثال **تپه** کوهنوردان:
- اما مشکلات اغلب نمایش می دهند بسیاری از نقاط بهینه محلی را
- اغلب شناسایی راه های خوب بسیار سریع است
- EA ها متمایز می شوند توسط:
 - استفاده از جمعیت
 - استفاده از اپراتورهای چندگانه، جستجوی تصادفی
 - به خصوص اپراتورهای تفاوت با $arity > 1$
 - انتخاب تصادفی

بازنگری سریع GA

- طراحی و توسعه: USA در سال ۱۹۷۰
- نام های اولیه: J. Holland, K. DeJong, D. Goldberg
- معمولا به کار میرود برای:
 - بهینه سازی مجزا
- ویژگی های نسبت داده شده:
 - نه خیلی سریع
 - ابتکاری خوب برای مشکلات ترکیبی
- ویژگی های خاص:
 - به طور سنتی بر ترکیب اطلاعات از والدین خوب تاکید می کند. (تقاطع)
 - بسیاری از مدل ها به طور مثال مدل های تولید مثل، اپراتورها

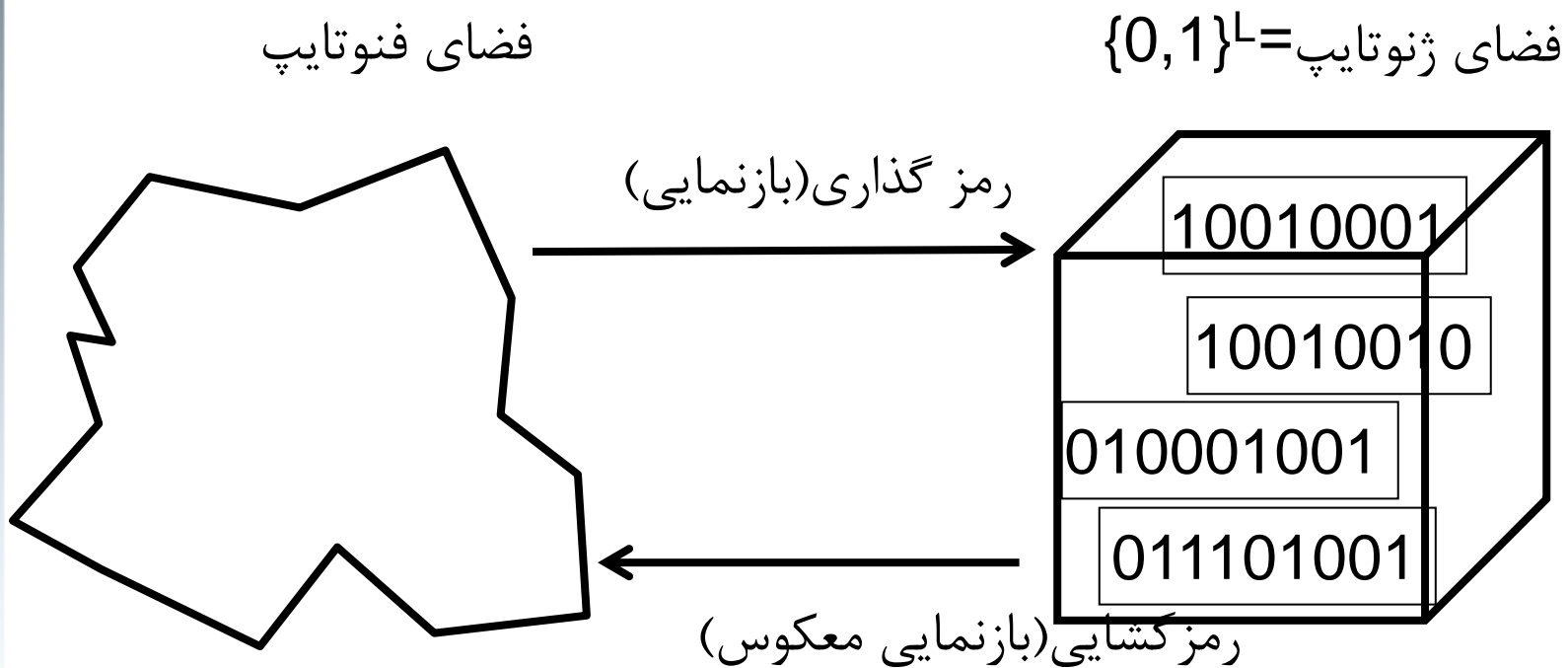
Genetic algorithms

- الگوریتم ژنتیک اصلی Holland، به عنوان الگوریتم ژنتیک ساده نامیده می شود. (SGA)
- سایر الگوریتم ژنتیک ها از:
 - بازنمایی ها
 - جهش ها
 - تقاطع ها
 - مکانیزم های انتخابی
- مختلفی استفاده می کنند.

تابلو خلاصه مشخصات فنی SGA

بازنمایی	رشته های دوتایی
باز ترکیب	N نقطه یا واحد
جهش	تلنگر بیتی با احتمال ثابت
انتخاب والدین	متناسب با ضریب تناسب
انتخاب باز ماندگان	همه کودکان جایگزین والدین می شوند.
تخصص	تاکید بر روی تقاطع

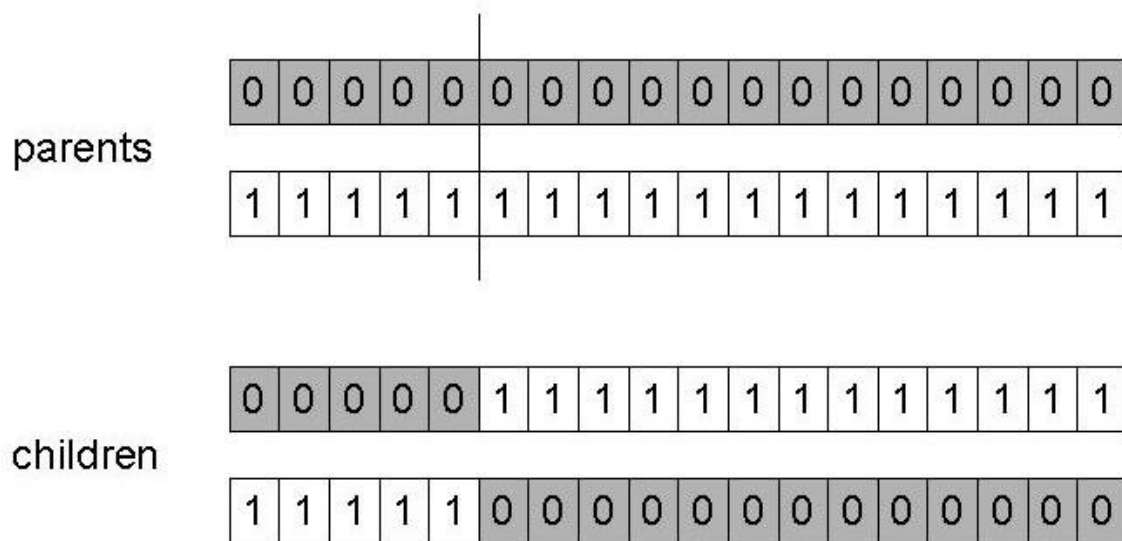
بازنمایی



1. انتخاب والدین برای استخر جفت گیری
(اندازه استخر جفت گیری = اندازه جمعیت)
2. زدن استخر جفت گیری
3. برای هر جفت پشت سرهم تقاطع با احتمال p_c اعمال می شود در غیر این صورت والدین کپی می شوند.
4. برای هر یک از فرزندان جهش اعمال می شود (تلاشگری بیتی با احتمال p_m به طور مستقل برای هر بیت
5. جایگزینی کل جمعیت با فرزندان به دست آمده.

اپراتورهای SGA: تقاطع یک نقطه ای

- یک نقطه تصادفی را بر روی دو والد انتخاب کنید.
- والدین را در این نقطه تقاطع تقسیم کنید.
- بچه ها را به وسیله تبادل دنباله ها ایجاد کنید.
- P_c عموماً در دامنه (۰.۶ و ۰.۹)



اپراتورهای SGA: جهش

- هر ژن را به طور مستقل با احتمال p_m تغییر دهید.
- P_m نرخ جهش نامیده می شود.

– عموماً بین اندازه جمعیت ۱/ و طول کروموزوم ۱/

parent

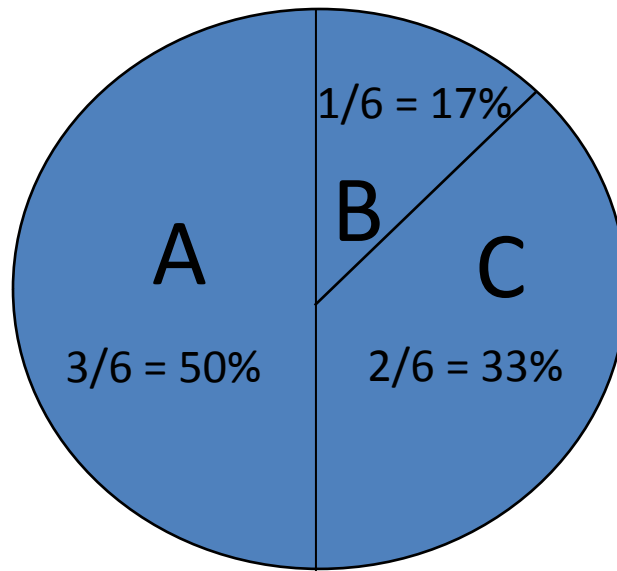
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

child

0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

اپراتورهای SGA: انتخاب

- ایده اصلی: افراد بهتر شانس بالاتری به دست می آورند.
 - شانس تناسب با ضریب تناسب
 - پیاده سازی: تکنیک چرخ رولت: به هر فرد یک بخش از چرخ رولت اختصاص می یابد. چرخ n بار برای n فرد انتخاب شده می چرخد.



$$\text{fitness}(A) = 3$$

$$\text{fitness}(B) = 1$$

$$\text{fitness}(C) = 2$$



یک مثال بعد از (1) Goldberg '89

- مساله ساده $\max x^2$ over $\{0,1,\dots,31\}$
- رویکرد GA :

– بازنمایی: کد دهی دوتایی به طور نمونه $01101 \leftrightarrow 13$

– اندازه جمعیت: ۴

– جهش بیتی، تقاطع یک نقطه ای.

– انتخاب چرخ رولت

– مقداردهی اولیه تصادفی

- ما یک چرخه ژنتیک انجام گرفته به وسیله دست را نشان می دهیم :

مثال x^2 : انتخاب

String no.	Initial population	x Value	Fitness $f(x) = x^2$	$Prob_i$	Expected count	Actual count
1	0 1 1 0 1	13	169	0.14	0.58	1
2	1 1 0 0 0	24	576	0.49	1.97	2
3	0 1 0 0 0	8	64	0.06	0.22	0
4	1 0 0 1 1	19	361	0.31	1.23	1
Sum			1170	1.00	4.00	4
Average			293	0.25	1.00	1
Max			576	0.49	1.97	2

مثال x^2 : تقاطع

String no.	Mating pool	Crossover point	Offspring after xover	x Value	Fitness $f(x) = x^2$
1	0 1 1 0 1	4	0 1 1 0 0	12	144
2	1 1 0 0 0	4	1 1 0 0 1	25	625
2	1 1 0 0 0	2	1 1 0 1 1	27	729
4	1 0 0 1 1	2	1 0 0 0 0	16	256
Sum					1754
Average					439
Max					729

مثال x^2 : جهش

String no.	Offspring after xover	Offspring after mutation	x Value	Fitness $f(x) = x^2$
1	0 1 1 0 0	1 1 1 0 0	26	676
2	1 1 0 0 1	1 1 0 0 1	25	625
2	1 1 0 1 1	1 1 0 1 1	27	729
4	1 0 0 0 0	1 0 1 0 0	18	324
Sum				2354
Average				588.5
Max				729

- موضوع بسیاری از مطالعات اخیر بوده است.

– هنوز هم اغلب به عنوان معیاری برای زنجیره الگوریتم های ژنتیک به کار می رود.

- بسیاری از کاستیها را نشان می دهد. به طور مثال:

– بازنمایی بسیار محدود است.

– جهش و تقاطع ها فقط قابل اجرا هستند برای:

بازنمایی های عدد صحیح و رشته-بیت.

– مکانیزم انتخاب برای جمعیت های همگرا با مقادیر تناسب نزدیک به هم حساس هستند.

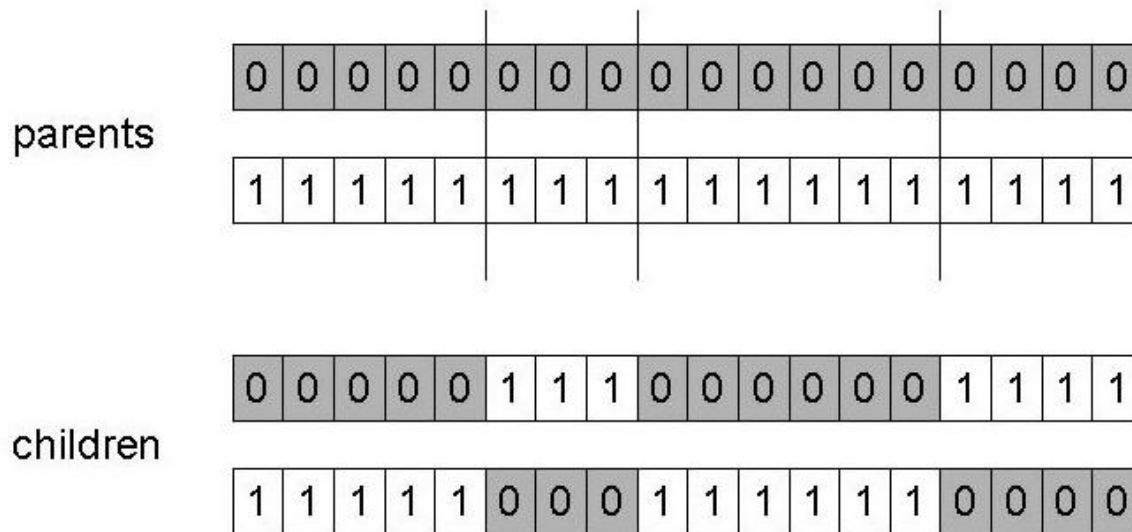
– مدل جمعیت نسلی (گام ۵ در چرخه بازنمایی SGA) می تواند با انتخاب صریح بازماندگان بهبود یابد.

اپراتورهای تقاطع جایگزین

- عملکرد تقاطع یک نقطه ای به جهتی که متغیرها در بازنمایی ایجاد می نمایند بستگی دارد.
- به احتمال بیشتر ژن هایی که نزدیک یکدیگر هستند در کنار هم نگه داشته می شوند.
- ژن هایی که از دو لبه مخالف رشته هستند هرگز در کنار هم نگه داشته نمی شوند.
- این موضوع بایاس (انحراف) موضعی نامیده می شود.
- می تواند اجرا شود اگر ما ساختار مسئله خود را بدانیم اما این معمولاً این مورد نیست.

تقاطع n نقطه ای

- n نقطه تقاطع تصادفی انتخاب کنید.
- در امتداد آن نقطه ها بچرخید.
- محکم کنید بخش ها، متناوب میان والدین.
- Generalisation یک نقطه (فقط بعضی انحراف های موضعی)



تقاطع واحد

- «ابتدا» را به یک والد و «انتها» را به دیگری بدهید.
- برای هر ژن اولین فرزند یک سکه بیندازید.
- یک کپی معکوس از ژن برای دومین فرزند بسازید.
- نحوه توارث مستقل از موقعیت است.

parents

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

children

0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

تقاطع یا جهش؟

- بحث طولانی دهه: کدام یک بهتر است: کدام ضروری است؟ کدام پس زمینه اصلی است؟

- جواب (حداقل، با بیشترین توافق)

- آن بستگی به نوع مسئله دارد اما
- به طور کلی داشتن هر دو خوب است
- هر دو نقش دیگری را دارند
- mutation-only-EA امکان پذیر است xover-only-EA کار نمی کند.

تقاطع یا جهش؟ (ادامه)

تقاطع اکتشافی است، آن جهش بزرگ به یک منطقه "در بین" دو (پدر و مادر) را می سازد.

جهش انتفاعی است، آن را انحرافات تصادفی کوچک ایجاد می کند، در نتیجه در نزدیکی (در منطقه) پدر و مادر باقی می ماند.

تقاطع یا جهش؟ (ادامه)

- تنها تقاطع می تواند اطلاعات را از دو پدر و مادر ترکیب کند.
- تنها جهش می تواند اطلاعات جدید معرفی کند. (alleles)
- تقاطع فراوانی آلل از جامعه را تغییر نمی دهد (آزمایش نظری: ۵۰٪ در اولین بیت جامعه، ٪ پس از انجام تعداد n تقاطع)
- برای آمار بهینه شما اغلب نیاز به یک جهش "خوش شانس" دارید.

بازنمایی های دیگر

- کدگذاری خاکستری اعداد صحیح (کروموزوم های دودویی)
- کدگذاری خاکستری نقشه برداری است، بدان معنی که تغییرات کوچک در ژنوتیپ باعث تغییرات کوچک در فنوتیپ می شود (بر خلاف کدگذاری دودویی). "نرم تر" نقشه برداری ژنوتیپ_فنوتیپ زندگی را برای GA آسان تر می سازد.
- امروزه به طور کلی پذیرفته شده است که رمزگذاری متغیرهای عددی به طور مستقیم بهتر است به عنوان:
- اعداد صحیح
- متغیرهای ممیز شناور

بازنمایی اعداد صحیح

- برخی از مسائل به طور طبیعی متغیر عدد صحیح دارند، به عنوان مثال پارامترهای پردازش تصویر.

- دیگر مسائل ارزش های طبقه ای از یک مجموعه ثابت را می گیرند. به عنوان مثال {آبی، سبز، زرد، صورتی}

- N-point / uniform crossover operators work

- افزایش یافتن جهش

– "خزش" یعنی به احتمال زیاد حرکت برای یافتن ارزش های مشابه انتخاب تصادفی (بخصوص متغیرهای طبقه ای)

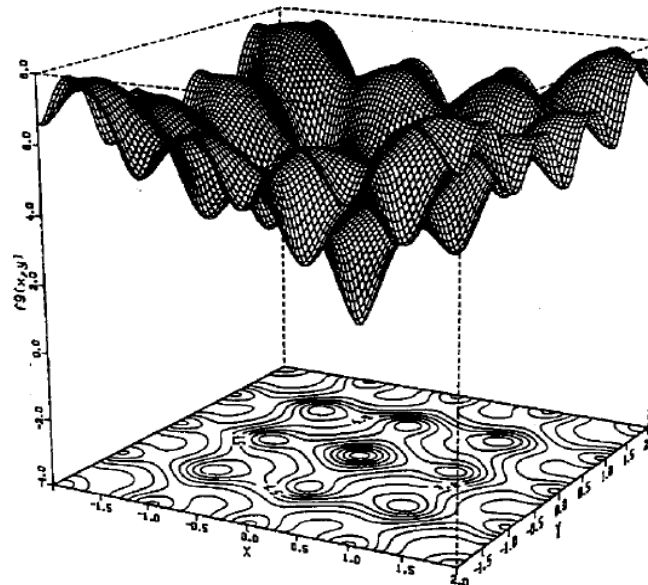
– برای مشکلات ترتیبی، دانستن طیف درست برای خزش، سخت است، بنابراین اغلب از دو اپراتور جهش پشت سر هم استفاده می شود.

مسائل با ارزش واقعی

- بسیاری از مسائل به عنوان مسائل با ارزش واقعی رخ می دهند،
به عنوان مثال، بهینه سازی با پارامتر پیوسته $f: \mathcal{R}^n \rightarrow \mathcal{R}$
- مثال: تابع Ackley (اغلب در EC استفاده می شود)

$$f(x) = -c_1 \cdot \exp\left(-c_2 \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(2\pi x_i)\right) + c_1 + 1$$

$$c_1 = 20, c_2 = 0.2$$



ترسیم ارزش های واقعی در رشته های بیتی

$z \in [x, y] \subseteq \mathcal{R}$ represented by $\{a_1, \dots, a_L\} \in \{0, 1\}^L$

- $[x, y] \rightarrow \{0, 1\}^L$ باید وارون پذیر باشد. (یک فنوتیپ در ژنوتیپ)
- $\Gamma: \{0, 1\}^L \rightarrow [x, y]$ یک بازنمایی را تعریف می کند.

$$\Gamma(a_1, \dots, a_L) = x + \frac{y - x}{2^L - 1} \cdot \left(\sum_{j=0}^{L-1} a_{L-j} \cdot 2^j \right) \in [x, y]$$

- تنها مقادیر 2^L از بی نهایت نشان داده می شوند
- L حداکثر دقت ممکن راه حل تعیین می کند.
- دقت بالا ← کروموزوم های بلند (تدریجی)

جهش های نقطه شناور ۱

برنامه عمومی از جهش نقطه شناور

$$\bar{x} = \langle x_1, \dots, x_l \rangle \rightarrow \bar{x}' = \langle x'_1, \dots, x'_l \rangle$$

$$x_i, x'_i \in [LB_i, UB_i]$$

- جهش یکنواخت:

x'_i drawn randomly (uniform) from $[LB_i, UB_i]$

- Analogous to bit-flipping (binary) or random resetting (integers)

جهش های نقطه شناور ۲

- جهش های غیریکنواخت
- بسیاری روش های پیشنهاد شده، مانند دامنه متغیر با زمان تغییر و غیره می باشد.
- بسیاری برنامه ها بر پایه احتمال هستند، اما معمولاً تنها یک تغییر کوچک به مقدار ایجاد می کنند.
- ایجاد یک تغییر کوچک به مقدار
- متداولترین روشی که متغیر تصادفی را برای هر متغیر به طور جداگانه اضافه می کند، گرفته شده از $N(0, \sigma)$ توزیع گاوسی و پس از آن به محدوده محدود شده است.
- انحراف استاندارد مقدار تغییر را کنترل می کند. $(2/3)$ از انحراف در محدوده $(-\sigma \text{ to } +\sigma)$ خواهد بود.

اپراتور متقاطع برای ارزش واقعی GA ها

• گسسته :

– هر مقدار allele در فرزندان از یکی از والدین آنها ناشی می شود.

(x, y) با احتمال مساوی $z_i = x_i$ or y_i :

تواند N نقطه و یا یکنواخت استفاده شود.

واسطه

– سوء استفاده از ایده ایجاد کودکان "بین" پدر و مادر (از این رو نو ترکیبی نام دیگر ریاضی)

– $z_i = \alpha x_i + (1 - \alpha) y_i$ where $\alpha : 0 \leq \alpha \leq 1$.

– پارامتر α می تواند به اشکال زیر باشد:

- ثابت: تقاطع یکنواخت حسابی
- متغیر (به عنوان مثال بستگی سن جمعیت)
- انتخاب به طور تصادفی در هر زمان

تقاطع محاسباتی منفرد

- والدین : $\langle x_1, \dots, x_n \rangle$ and $\langle y_1, \dots, y_n \rangle$
- انتخاب یک ژن منفرد (k) به طور تصادفی،
- فرزند هست:

$$\langle x_1, \dots, x_k, \alpha \cdot y_k + (1 - \alpha) \cdot x_k, \dots, x_n \rangle$$

- معکوس برای دیگر فرزندان به عنوان مثال، $\alpha = 0.5$

0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.5	0.9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

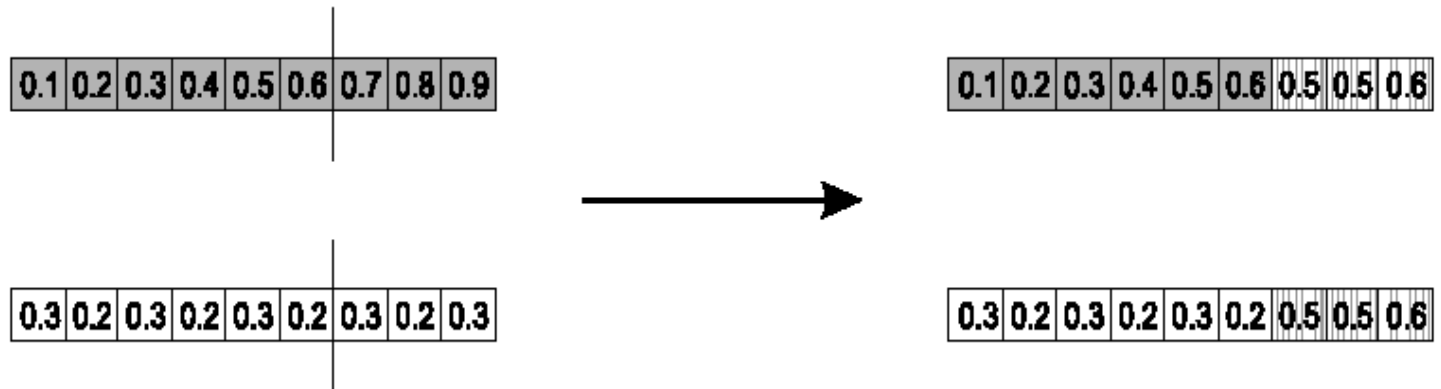
0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.5	0.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

تقاطع محاسباتی ساده

- والدین : $\langle x_1, \dots, x_n \rangle$ and $\langle y_1, \dots, y_n \rangle$
- انتخاب ژن تصادفی (k) پس از مقادیر ترکیبی این نقطه:
- فرزند هست:

$$\langle x_1, \dots, x_k, \alpha \cdot y_{k+1} + (1-\alpha) \cdot x_{k+1}, \dots, \alpha \cdot y_n + (1-\alpha) \cdot x_n \rangle$$

- معکوس برای دیگر فرزندان، به عنوان مثال: $\alpha = 0.5$.



تقاطع محاسباتی کل

- اغلب به طور معمول استفاده می شود:
- والدین : $\langle x_1, \dots, x_n \rangle$ and $\langle y_1, \dots, y_n \rangle$
- فرزند هست:

$$a \cdot \bar{x} + (1 - a) \cdot \bar{y}$$

- معکوس برای دیگر فرزندان به عنوان مثال، $\alpha = 0.5$

0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----



0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

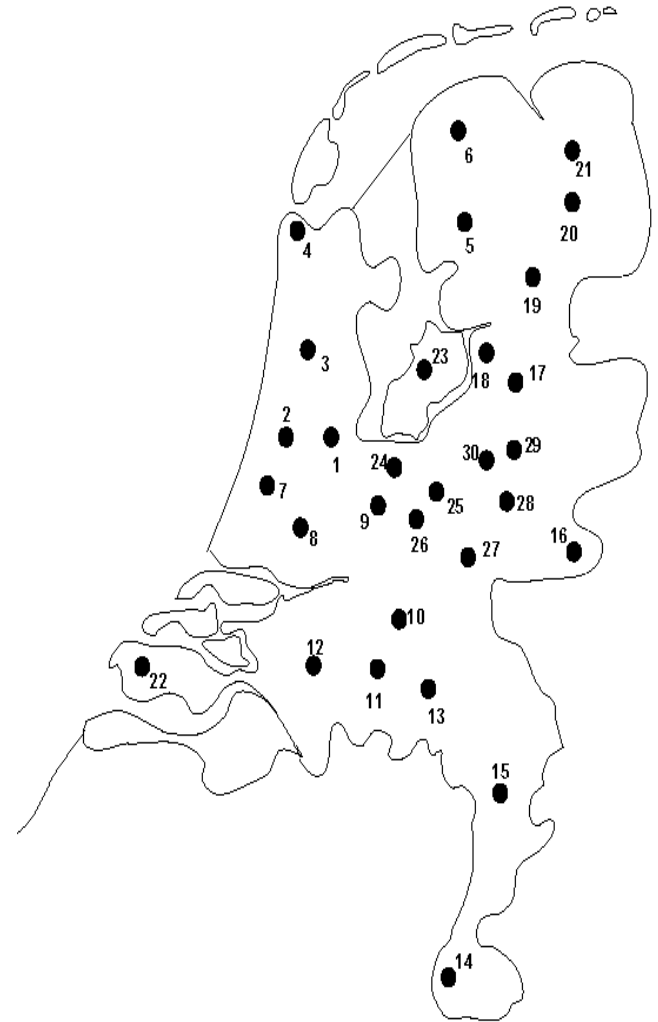
نمایش جایگشت

- مسائل مرتب سازی / تعیین توالی نوع خاصی هستند.
- راه حل مرتب نمودن برخی از اشیاء در یک ترتیب خاص است
- به عنوان مثال: الگوریتم مرتب سازی : نکته مهم این است که عناصر قبل از دیگر عناصر (ترتیب) رخ می دهد.
- به عنوان مثال: مساله فروشنده دور گرد (TSP): نکته مهم این است که عناصر در کنار یکدیگر (مجاورت) رخ می دهد.
- این مسائل به طور کلی به عنوان یک جایگشت بیان می شوند:
- اگر n متغیر وجود دارد و سپس نمایش به عنوان لیستی از N عدد صحیح نمایش داده می شود که هر کدام دقیقا یک بار رخ می دهد.

• مشکلات:

- با توجه به تعداد شهرها
- یافتن یک تور کامل با حداقل طول
- رمزگشایی:
- برچسب زنی شهرها با $1, 2, \dots, n$
- یک تور کامل یک جایگشت است
(e.g. for $n=4$ $[1,2,3,4]$,
 $[3,4,2,1]$ are OK)
- جستجو کنید بزرگترین فاصله را :
برای ۳۰ تا شهر وجود دارد $\approx 30!$
 10^{32}

تور امکان پذیر

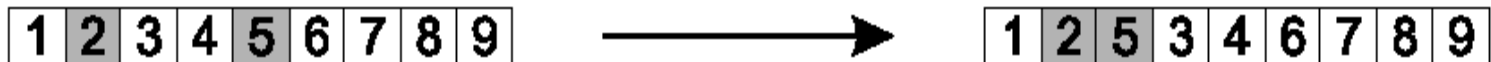


اپراتورهای جهش برای جایگشت

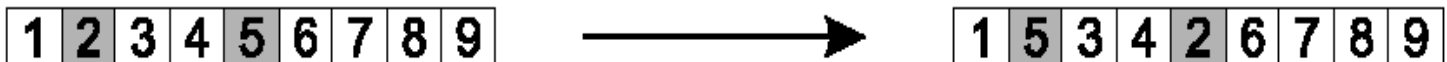
- اپراتورهای جهش عادی منجر به راه حل غیرقابل قبول است
 - مثال، جهش کمی عاقلانه : اجازه می دهد به ژن i که ارزش J را داشته باشد
 - تغییر بعضی ارزش های K به این مفهوم که K دوبار اتفاق افتاده و J کمتر اتفاق افتاده است.
- بنابراین باید در نهایت دو مقدار را تغییر دهیم
- پارامتر جهش در حال حاضر نشان دهنده احتمال استفاده یک بار عملگر برای همه رشته، نه به طور جداگانه در هر موقعیت را نشان می دهد.

قرار دادن جهش برای جایگشت

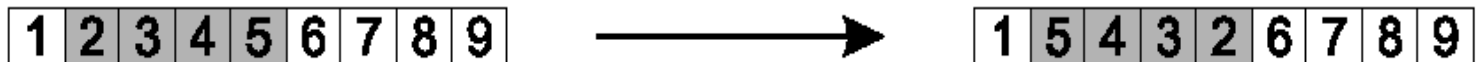
- انتخاب دو مقدار به طور تصادفی
 - حرکت دوم به دنبال اولین حرکت، شیفب بقیه برای تطبیق
- توجه داشته باشید که این به منظور حفظ بیشتر و نزدیک هم قرار دادن اطلاعات است



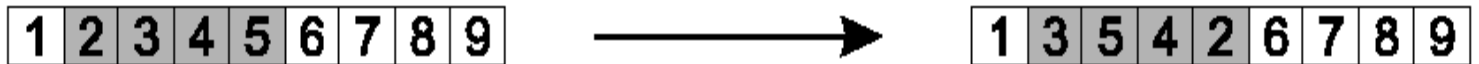
- انتخاب کنید دو alleles را بطور تصادفی و تعویض کنید موقعیت ها را
- بیشتر حفظ کنید مجاورت اطلاعات را (۴ لینک شکسته شده)، به منظور نظم بیشتر



- انتخاب دو alleles به طور تصافی و سپس معکوس کردن زیر رشته بین آنها
- حفظ مجاورت بیشتر اطلاعات (فقط موجب شکسته شدن دو لینک) اما مخرب به منظور نظم اطلاعات



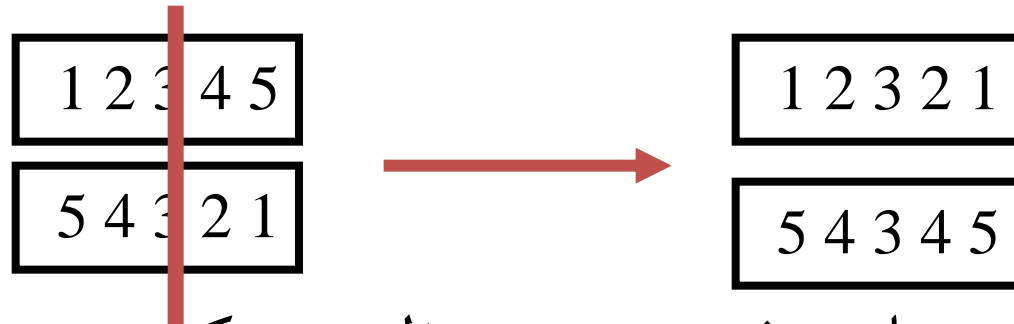
- انتخاب زیر مجموعه ای از ژن ها بطور تصادفی
- تنظیم تصادفی مجدد alleles ها در آن موقعیت ها



(توجه داشته باشید که زیرمجموعه ها به هم پیوسته نیستند)

اپراتورهای متقاطع برای جایگشت

- اپراتورهای عادی متقاطع اغلب منجر به راه حل های غیر قابل قبول خواهد شد.



- بسیاری از اپراتورهای تخصصی به منظور تمرکز روی ترکیب نظم یا مجاورت اطلاعات از والدین طراحی شده اند

نظم یک متقاطع

- هدف از حفظ نظم نسبی این است که عناصر اتفاق بیفتد.
- رویه غیر رسمی:

1. انتخاب یک بخش دلخواه از اولین پدر و مادر

2. کپی این بخش در فرزند اول

3. کپی کردن عدد هایی که در بخش اول نیستند در فرزند اول:

- با شروع از سمت راست نقطه برش از بخش کپی شده،
- با استفاده از دستور پدر و مادر دوم
- و پیچیدن به دور در پایان

4. مشابه برای فرزند دوم، با نقش پدر و مادر معکوس

هدف برای حفظ نظم نسبی این است که عناصر رخ دهد
روش غیر رسمی:

۱. بخش های دلخواه را از پدر و مادر اول انتخاب کنید
۲. این بخش را به فرزند اول کپی کنید
۳. اعداد در بخش اول را به فرزند اول کپی کنید :

مثال برای نظم متقاطع

- کپی تصادفی مجموعه انتخاب شده از اولین پدر و مادر

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---



			4	5	6	7		
--	--	--	---	---	---	---	--	--

9	3	7	8	2	6	5	1	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---

- کپی بقیه موارد از پدر و مادر دوم به ترتیب ۱,۹,۳,۸,۲

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---



3	8	2	4	5	6	7	1	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

9	3	7	8	2	6	5	1	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---

نقشه برداری بخشی از متقاطع (PMX)

رویه رسمی برای پدر و مادر $1P$ و $2P$:

1. انتخاب بخش تصادفی و کپی آن از $1P$
2. شروع از اولین نقطه تقاطع جستجو برای عناصرها در بخش های $p2$ که کپی نشده است.
3. برای هر i دیده شده در فرزندان ببینید چه عنصری کپی شده مکان آن از $P1$
4. قرار دهید i را در موقعیت اشغال شده j در $p2$ ، زمانیکه ما بدانیم که ما نمی توانیم قرار دهیم j (بعنوان فرزندان حاضر)
5. اگر فضای اشغال شده توسط j در $p2$ پر شده باشد در فرزند k ، قرار دهید j را در موقعیت اشغال شده توسط k در $p2$
6. پس از سروکار داشتن با عناصر از بخش تقاطع، بقیه فرزندان می توانند پر شوند از $p2$.
7. آنالوژی فرزند دوم ایجاد شده است.

PMX مثال

1 2 3 4 5 6 7 8 9



4 5 6 7

9 3 7 8 2 6 5 1 4

1 2 3 4 5 6 7 8 9



2 4 5 6 7 8

9 3 7 8 2 6 5 1 4

1 2 3 4 5 6 7 8 9



9 3 2 4 5 6 7 1 8

9 3 7 8 2 6 5 1 4

چرخه تقاطع

هدف اصلی :

هر *allele* میاد از یکی از والدین به همراه موقعیت آن رویه غیر رسمی:

۱. چرخه ای از *allele* ها از $p1$ بصورت زیر ایجاد کنید .

(a) شروع کنید با *allele* اول از $p1$

(b) در نظر بگیرید در *allele* در موقعیت مشابه در $p2$

(c) برید به موقعیت با *allele* مشابه در $p1$

(d) این *allele* را به چرخه اضافه کنید.

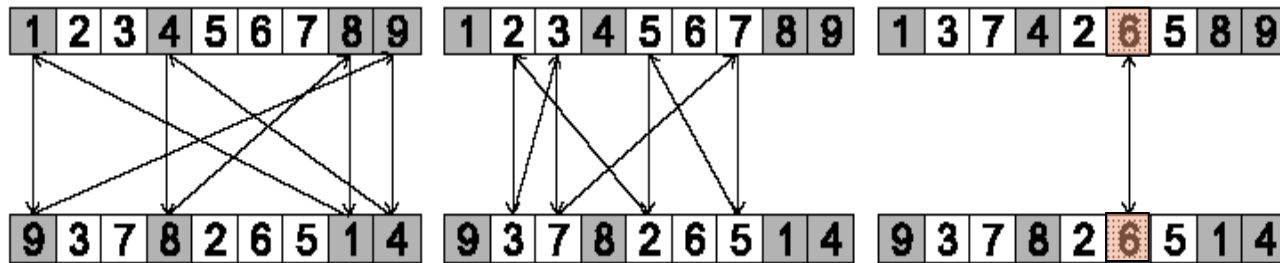
(e) تکرار کنید مرحله b تا d را تا زمانی که شما برسید به اولین *allele* $p1$.

۲. قرار دهید *allele* چرخه را در اولین فرزند روی موقعیت های که آنها در اولین پدر و مادر دارند.

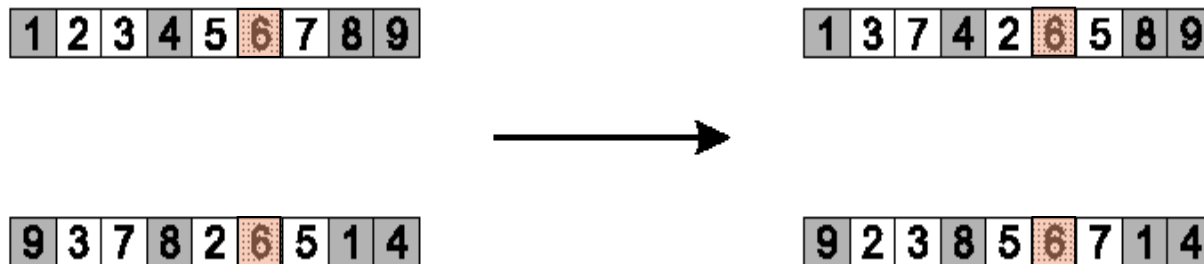
۳. بگیرید چرخه دوم را از دومین پدر و مادر

مثال چرخه متقاطع

- مرحله اول: شناسایی چرخه ها



- مرحله دوم: کپی کنید چرخه جایگزین را فرزند دوم



لبه نوع ترکیبی

- کار می کند با احداث یک لیستی از جدول که لبه ها نمایش داده می شوند در دو پدر و مادر، اگر هر لبه مشترک است با هر دو، نشانه گذاری میشود با $a+$
- e.g. [1 2 3 4 5 6 7 8 9] and [9 3 7 8 2 6 5 1 4]

Element	Edges	Element	Edges
1	2,5,4,9	6	2,5+,7
2	1,3,6,8	7	3,6,8+
3	2,4,7,9	8	2,7+, 9
4	1,3,5,9	9	1,3,4,8
5	1,4,6+		

لبه نو ترکیبی 2

رویه غیر رسمی یک جدول لبه ای طراحی شده است.

1. انتخاب یک عنصر اولیه بطور تصادفی و قراردادن آن در فرزند
2. قرار دادن عنصر متغیر فعلی = ورودی
3. حذف همه مراجع عنصر قبلی از جدول
4. بررسی لیست برای عنصر فعلی:
 - در صورتی که لبه مشترک وجود دارد، عنصر بعدی را انتخاب کنید
 - بعبارتی انتخاب کنید ورودی را در لیستی که خودش لیست کوتاهتری است
 - روابط بطور تصادفی تقسیم می شوند
5. در موارد رسیدن به یک لیست خالی:
 - بررسی کنید انتهای دیگر فرزندان جهت توسعه
 - در غیر اینصورت یک عنصر جدید بصورت تصادفی انتخاب می شود

مثال لبه نو ترکیبی

Element	Edges	Element	Edges
1	2,5,4,9	6	2,5+,7
2	1,3,6,8	7	3,6,8+
3	2,4,7,9	8	2,7+, 9
4	1,3,5,9	9	1,3,4,8
5	1,4,6+		

Choices	Element selected	Reason	Partial result
All	1	Random	[1]
2,5,4,9	5	Shortest list	[1 5]
4,6	6	Common edge	[1 5 6]
2,7	2	Random choice (both have two items in list)	[1 5 6 2]
3,8	8	Shortest list	[1 5 6 2 8]
7,9	7	Common edge	[1 5 6 2 8 7]
3	3	Only item in list	[1 5 6 2 8 7 3]
4,9	9	Random choice	[1 5 6 2 8 7 3 9]
4	4	Last element	[1 5 6 2 8 7 3 9 4]

تغییر ترکیب مجدد لبه

• لبه نو ترکیبی - مبتنی بر لینک.

• تغییر ترکیب مجدد لبه - مبتنی بر لینک و نظم.

Parent 1	Common links	Offspring 1
(6 7 8 1 2 3 9 4 5 0)	(- 7 8 1 - - - - 5 0)	(3 7 8 1 4 6 2 9 5 0)

Parent 2	Common links	Offspring 2
(1 8 7 9 5 0 2 6 3 4)	(1 8 7 - 5 0 - - - -)	(1 8 7 3 5 0 6 2 4 9)

•

نوترکیبی Multiparent

- به یاد بیاورید که ما با جنبه های عملی از طبیعت منقبض نمی شویم
- با توجه به اینکه جهش از ۱ پدر و مادر، و "سنتی" متقاطع ۲، گسترش به < 2 طبیعی بررسی است
- از سال ۱۹۶۰ شده در اطراف، هنوز هم نادر است اما مطالعات نشان می دهد مفید
- سه نوع اصلی:
 - بر اساس فراوانی allele، به عنوان مثال، p -جنسی رای گیری generalising متقاطع لباس
 - بر اساس تقسیم بندی و نوترکیبی از پدر و مادر، به عنوان مثال، generalising متقاطع مورب متقاطع N نقطه
 - بر اساس عملیات عددی حقیقی آلل، به عنوان مثال، مرکز متقاطع توده، generalising اپراتورهای نوترکیبی حساب

مدل های جامعه

- SGA S با استفاده از مدل نسل:
 - هر فرد برای دقیقا یک نسل زنده می ماند
 - ورودی مجموعه والدین با فرزندان جایگزین می شود
- در انتهای چرخه ها مدل های حالت – ثابت قرار دارد:
 - برای هر نسل یک فرزند بوجود می آید.
 - یک عضو جایگزین جمعیت می شود,
- شکاف نسلی
 - نسبت جمعیت جایگزین
 - 1.0 for GGA, $1/\text{pop_size}$ for SSGA

نسل

جایگزینی کامل از جمعیت بین نسل ها

- به طور تصادفی تولید یک جمعیت از کروموزوم
- در حالی که (شرط خاتمه نشود)
- رمزگشایی کروموزوم به افراد و ارزیابی تناسب اندام از تمام افراد
 - افراد مناسبتر را انتخاب کنید
 - تولید جمعیت جدید شبیه سازی (کپی کردن)، متقاطع و جهش

حالت پایدار

جایگزینی جزئی از جامعه بین نسل ها

- تولید به طور تصادفی یک جامعه از کروموزوم ها
- در حالی که (شرط خاتمه اتفاق نیفتد) :
 - رمزگشایی کروموزوم ها با افراد و ارزیابی تناسب تمام افراد
 - انتخاب افراد مناسبتر
 - تولید تعدادی فرزند توسط تقاطع و جهش
 - جایگزینی ضعیف ترین افراد توسط فرزندان