



人工智能创新实践

基于仿生算法的智能系统

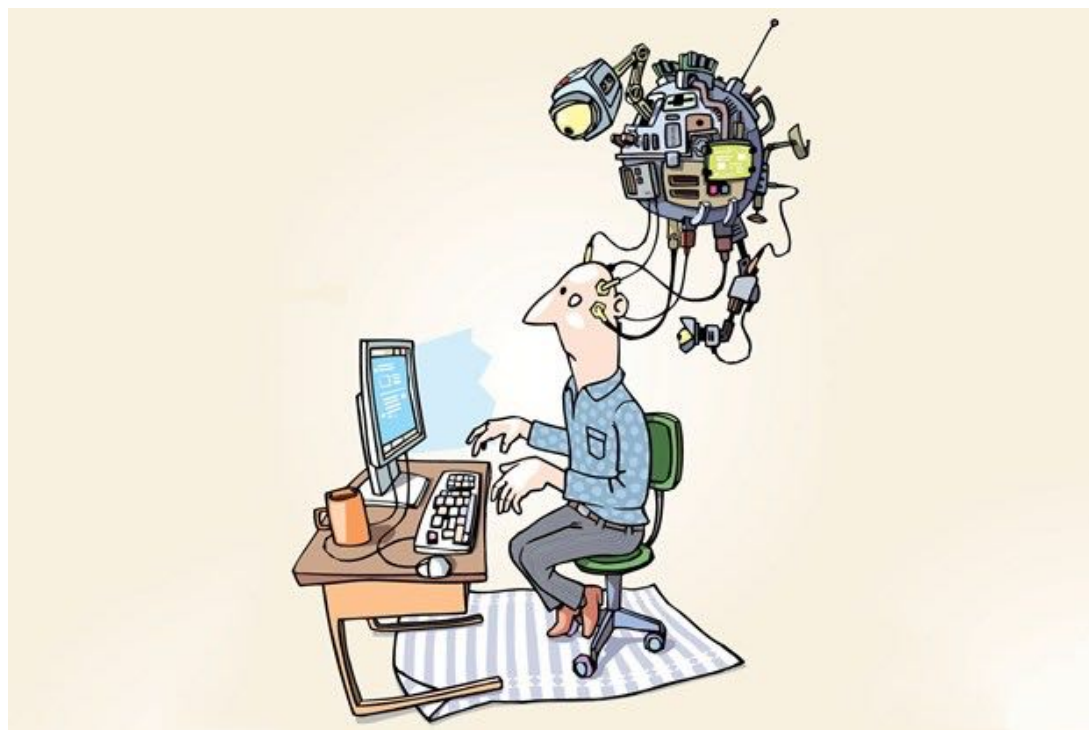
2019.7.16

北京大学 陈斌 gischen@pku.edu.cn



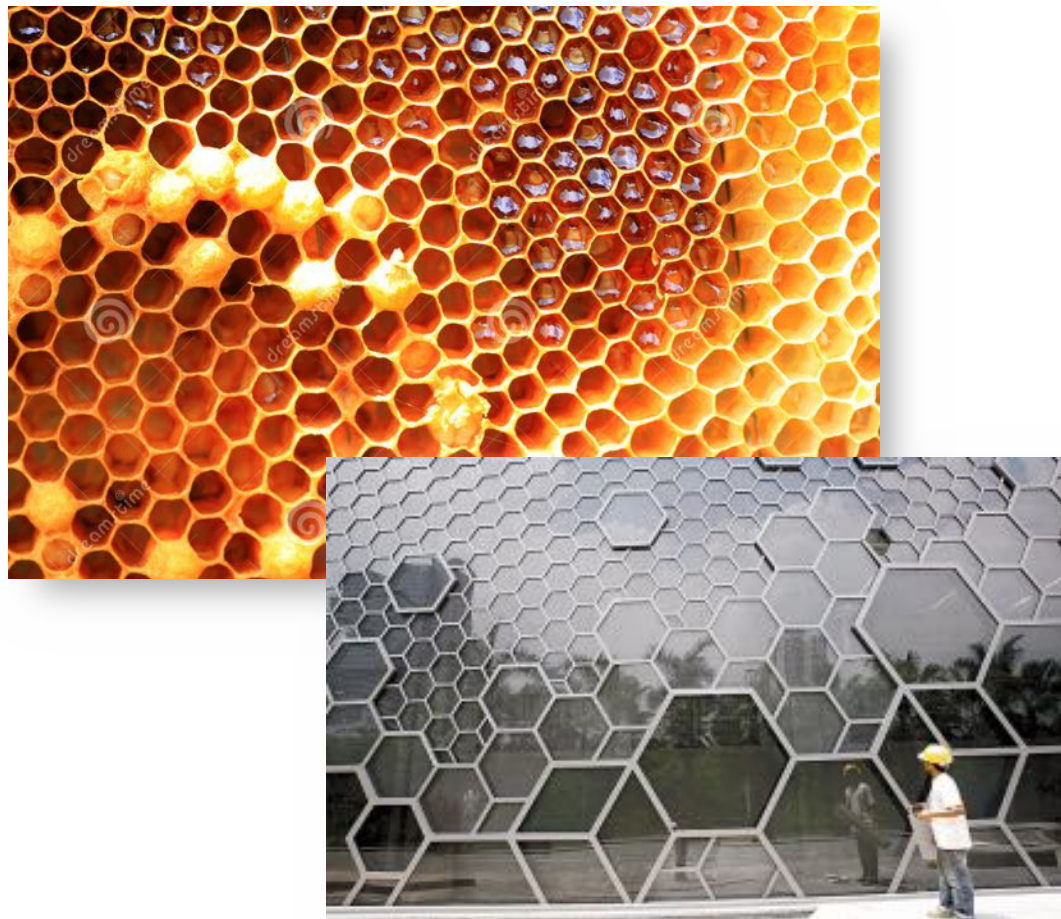
暑期学校
Summer School

目录



- 仿生算法是什么
- 仿生算法的几个例子
- 仿生算法与一般算法的区别

仿生算法是什么？



- 什么是仿生？
 - 蜜蜂会造房子，人类就学习蜜蜂的盖房方法，之后便有了航空建造工程的蜂窝结构。
- 仿生是模仿生物系统的功能和行为，来建造技术系统的一种科学方法。

生活中的仿生作品

人工智能
创新实践



- 现代飞机（减小阻力的外部形体）
- 模仿蜘蛛的爬山越野汽车
- 雷达系统的电子蛙眼
- 航海的声纳系统
- 人工肾及人工心脏等
- 都是仿生的结晶。

仿生算法

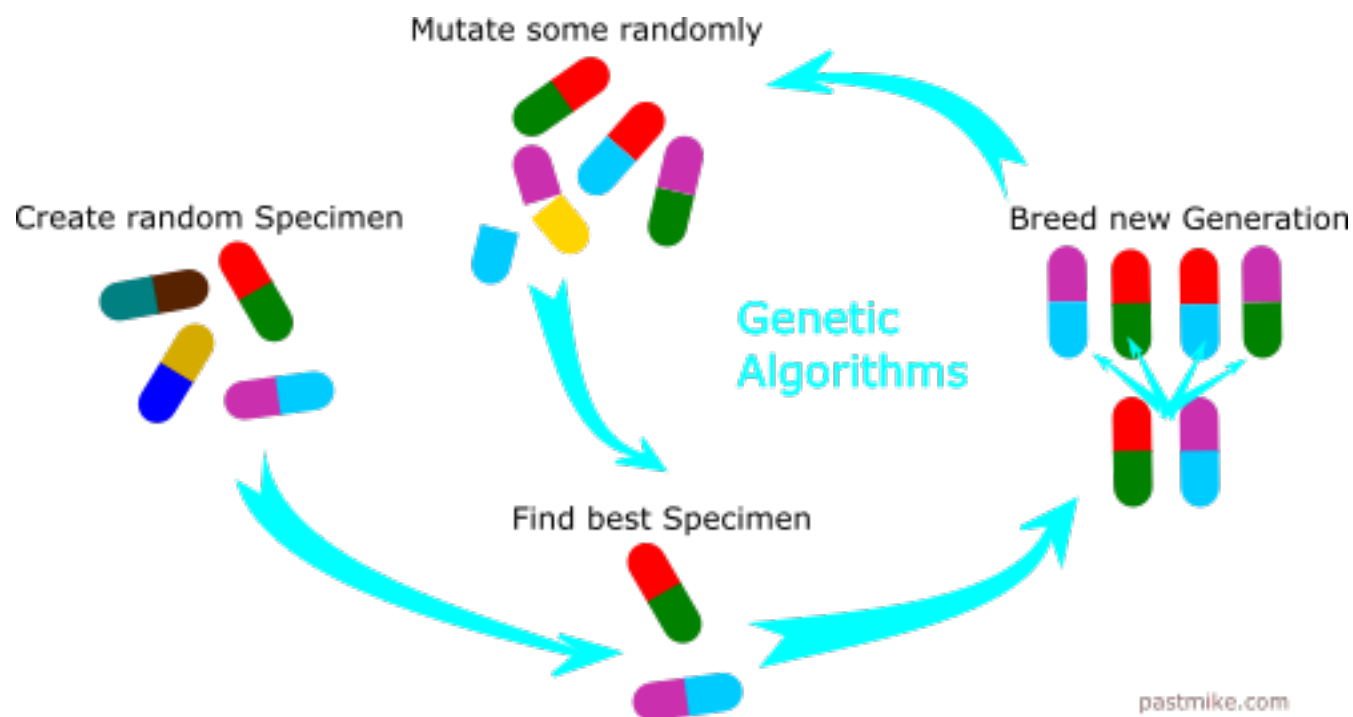
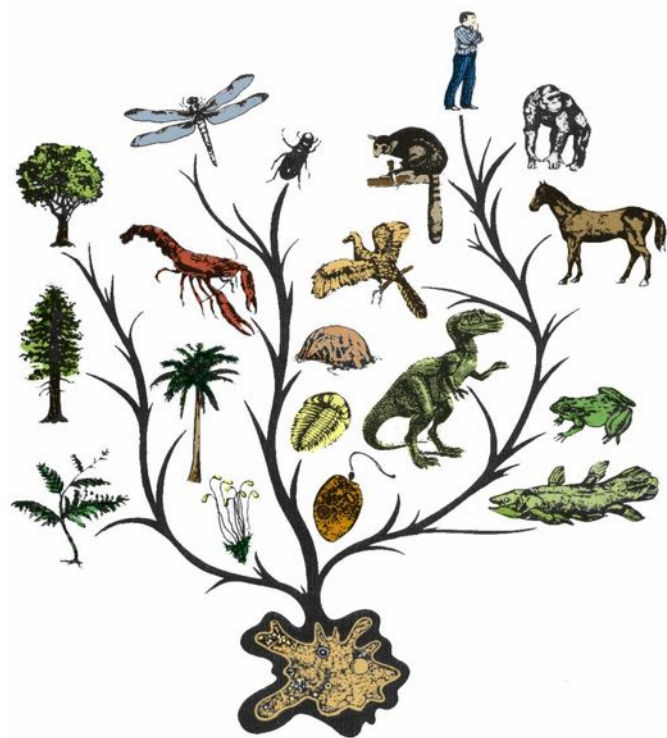
人工智能
创新实践



- 是人类模仿生物的功能与行为进而总结出来用于解决问题的方法。
- 通常通过模拟**自然生物进化**或者**群体社会行为**来进行随机搜索。
- 适用于传统算法难以解决的**大规模复杂优化**问题。

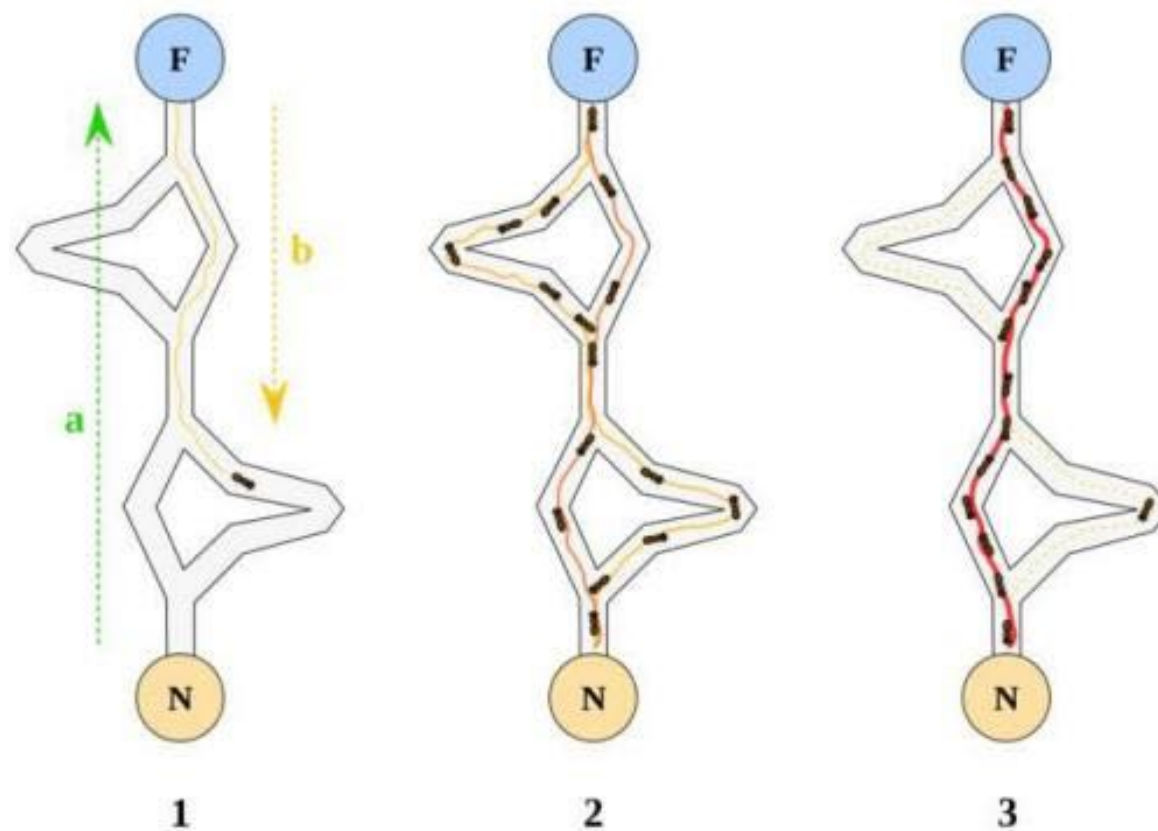
仿生算法举例

- 模仿生物进化的遗传算法。



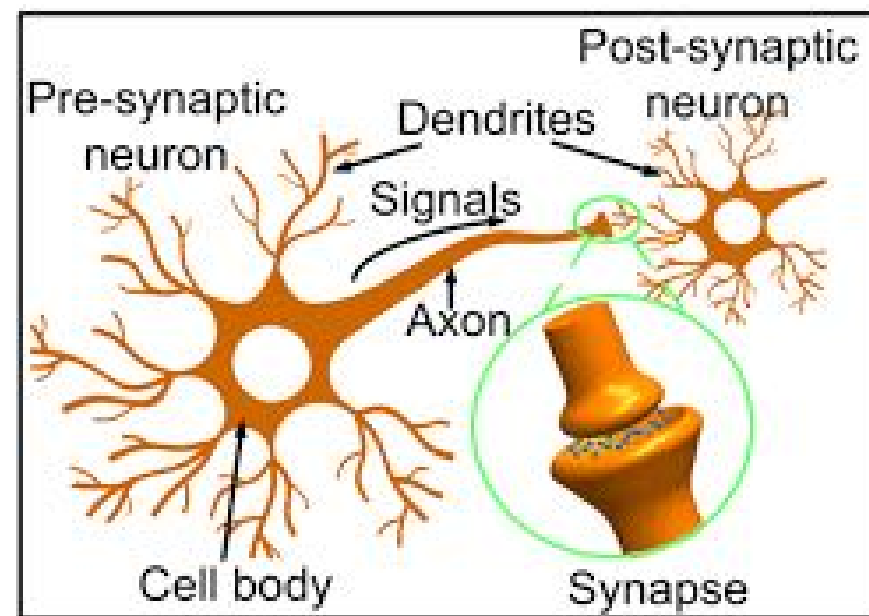
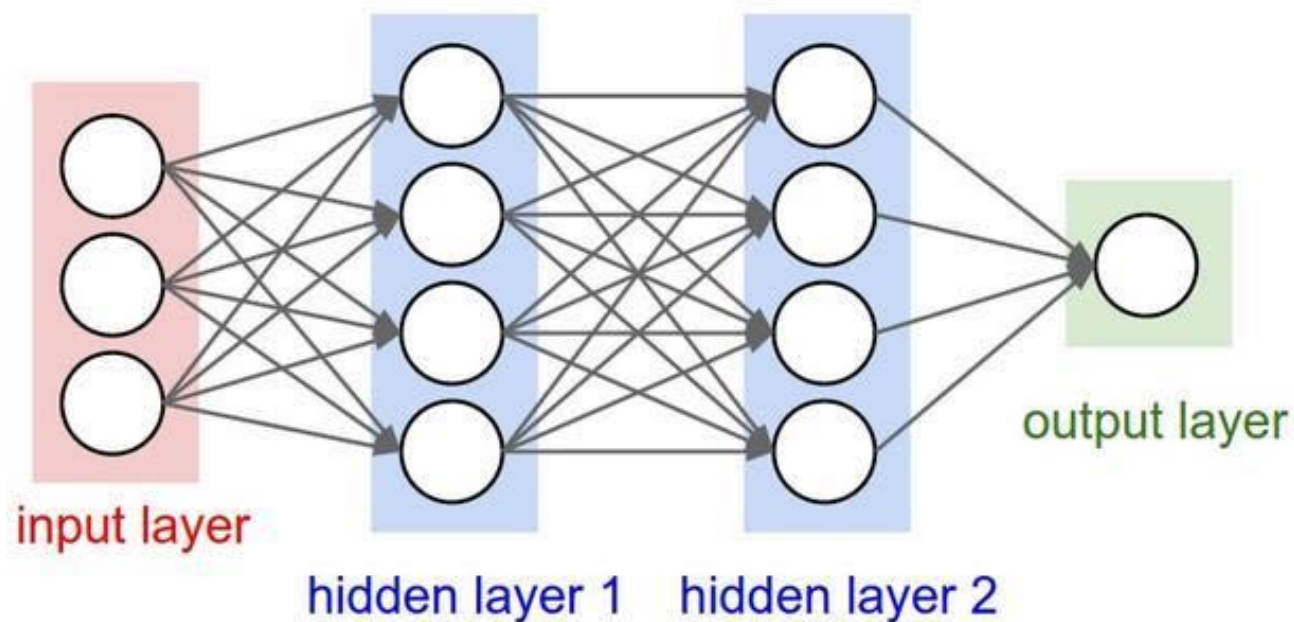
仿生算法举例

- 模仿蚂蚁寻路的蚁群算法。

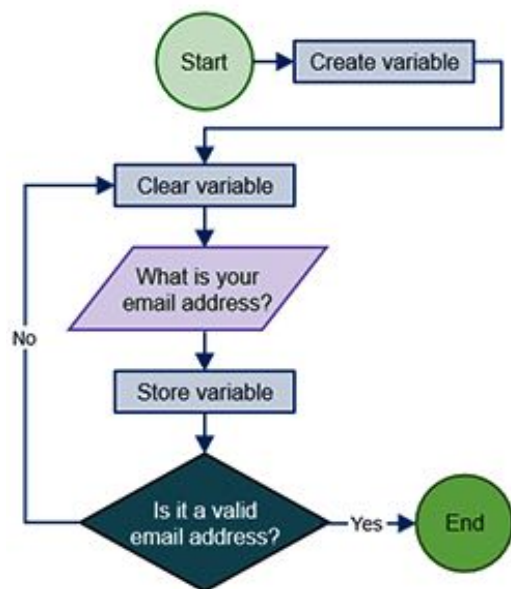


仿生算法举例

- 模仿神经网络系统的人工神经网络。

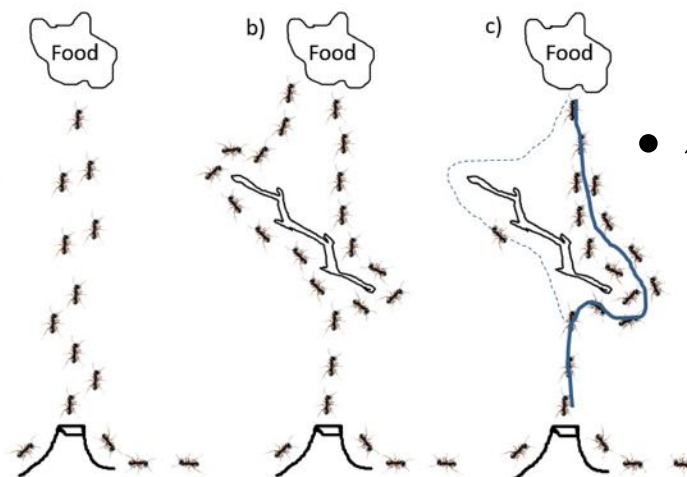


仿生算法与一般算法的区别？



• 一般算法

- 基于经验或者已知的规则，针对特定的输入能够计算出确定的输出结果



• 仿生算法

- 模仿生物的功能与行为
- 通过大量演变来逼近结果，演变方法是自然法则：优胜劣汰，适者生存

小结

人工智能
创新实践

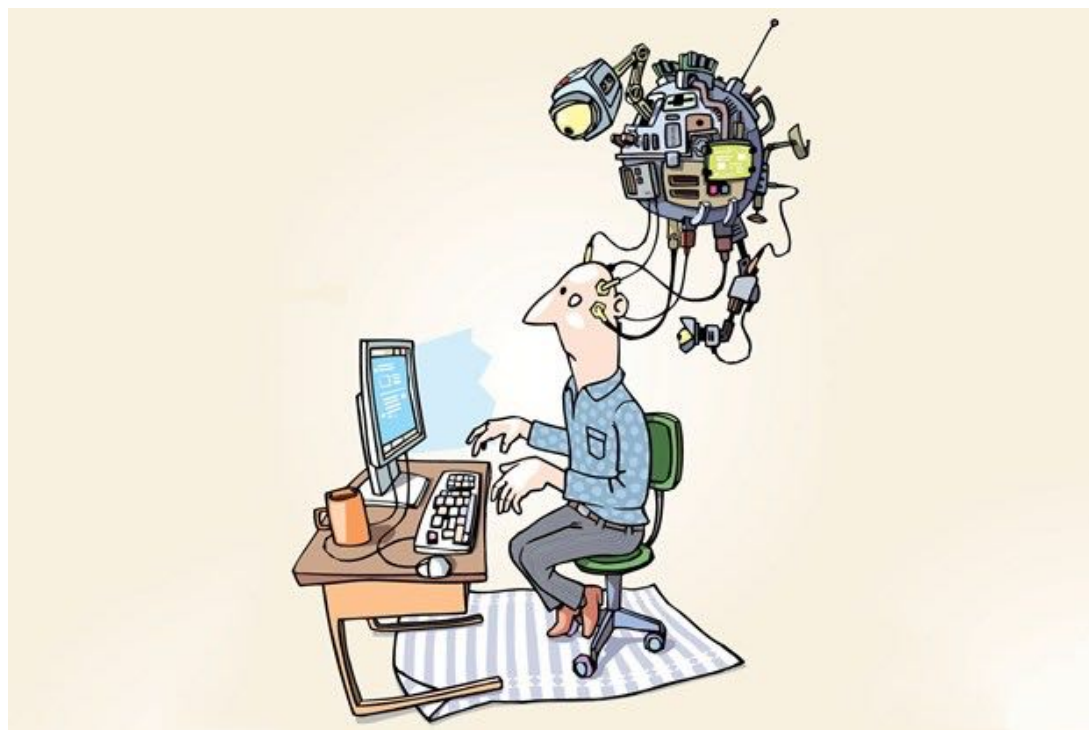


- 仿生算法是一类模拟**自然生物进化**或者**群体社会行为**的随机搜索方法的统称。
- 人们借用大自然界中生物的优势，创造出各种各样的科技发明，使我们的生活更加方便。



基因遗传算法

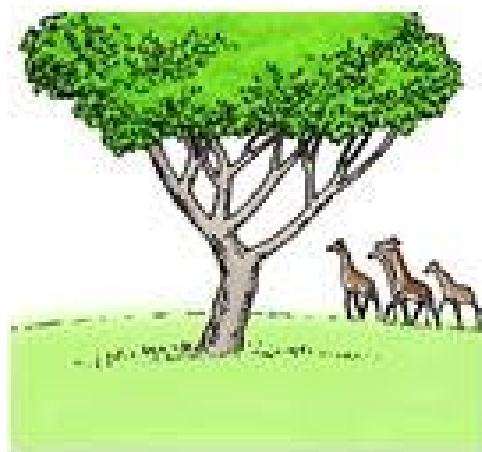
人工智能
创新实践



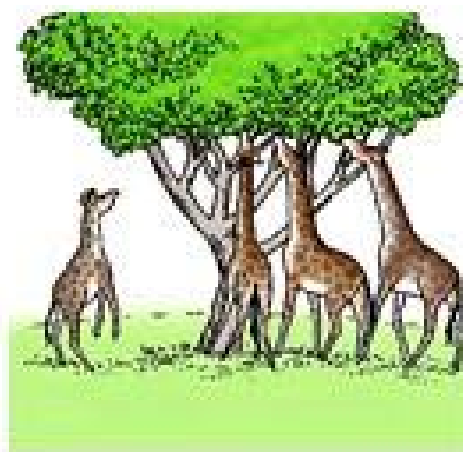
- 基因遗传算法是什么？
- 该算法与大自然的遗传规律一样吗？
- 我们应用基因遗传算法做了那些事情？

基因遗传算法

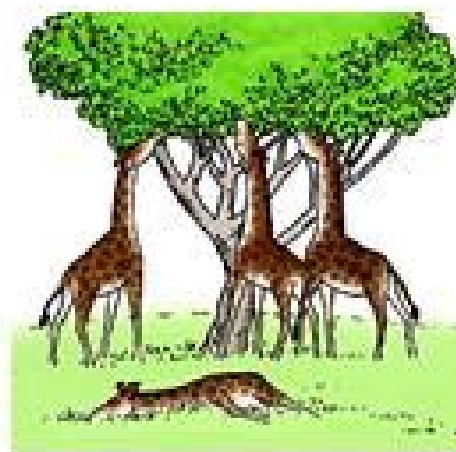
- 遗传算法是一种受达尔文自然进化理论启发的搜索启发式算法。
- 该算法反映了自然选择的过程，其中选择最适合的个体进行繁殖以产生下一代的后代。



①

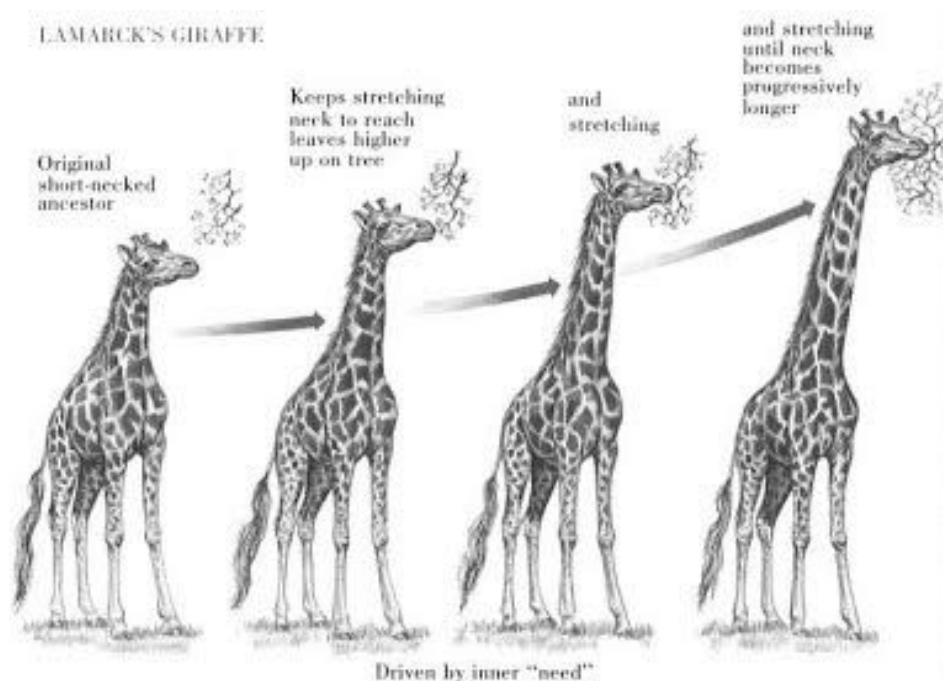


②



③

自然选择的概念：



- 自然选择的过程始于从群体中**选择最适合的个体**。
- 如果父母有很好的适应环境，他们的后代将继承父母的特征，并继续影响下一代。
- 这个过程不断迭代，最后将找到最适合的一代。

搜索问题中的自然选择



- 自然选择的概念可以应用于搜索问题。
- 我们考虑问题时，从一个一般的解决方案入手
- 不断优化，产生一组最好的解决方案。

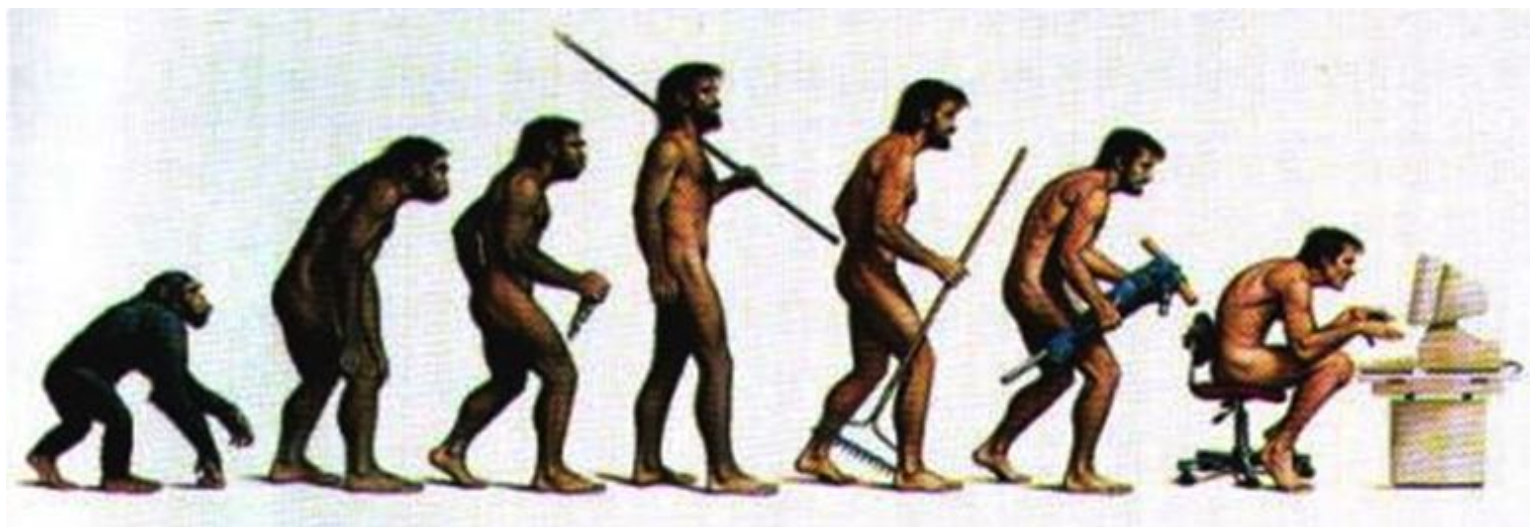
基因遗传算法的组成：

- 编码（初始化）
- 适应度函数
- 选择、交叉、变异

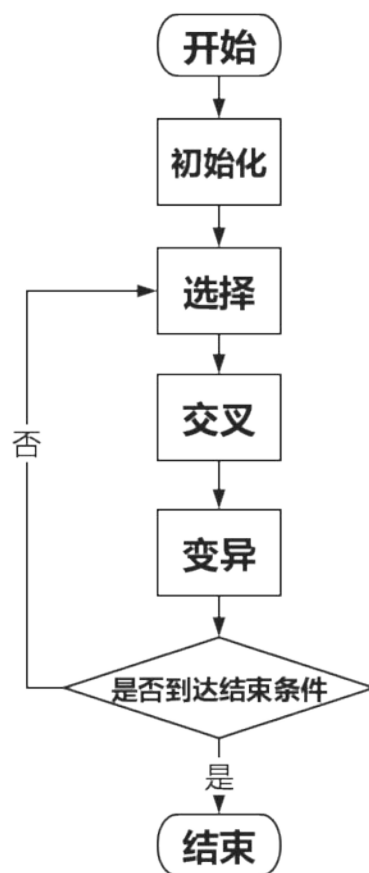


基因遗传算法与自然界遗传的对照

- 编码（初始化）→老祖先的诞生
- 适应度函数→物种特征适应环境的判定条件
- 选择、交叉、变异→自然选择与遗传变异（突变与基因重组）



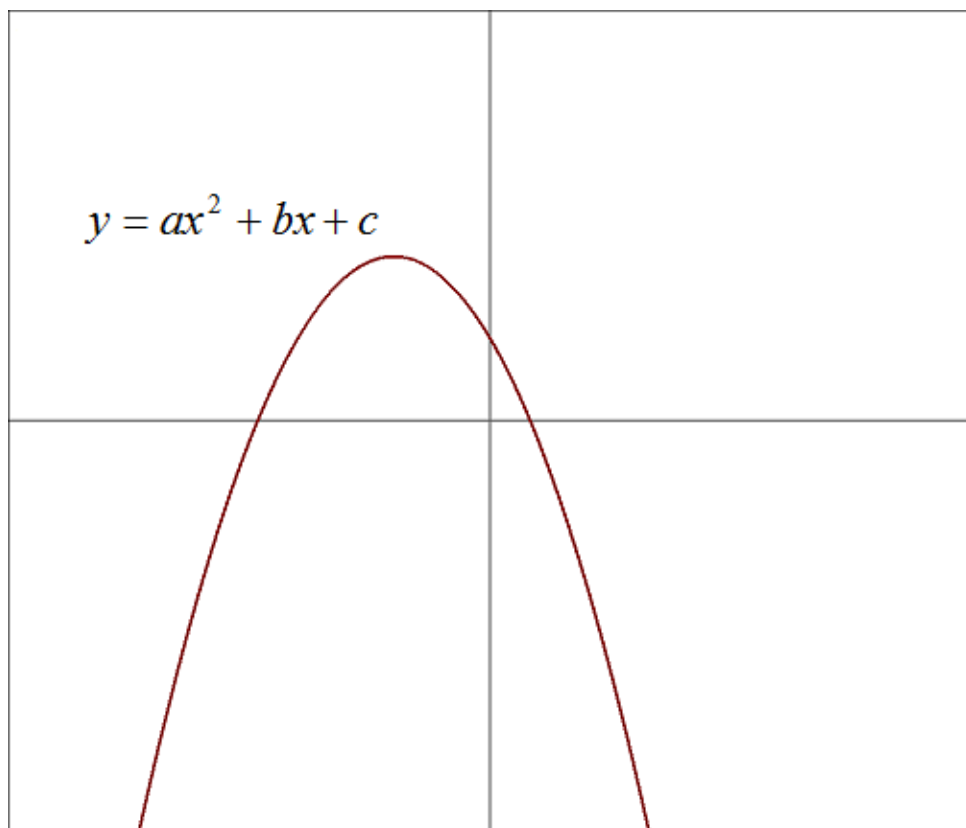
基因遗传算法的主要流程：



- 随机生成初始群体。
- 开始主循环（结束的标准可以是迭代次数，或者适应度达到某个要求）。
 - a) 执行策略，计算当前群体中所有个体的适应度；
 - b) 从当前群体中，选择**精英**作为下一代的父母；
 - c) 将选出的精英父母配对；
 - d) 以极小概率将子代**变异**；
 - e) 将子代个体添加到新群体中。

适应度最高的一批

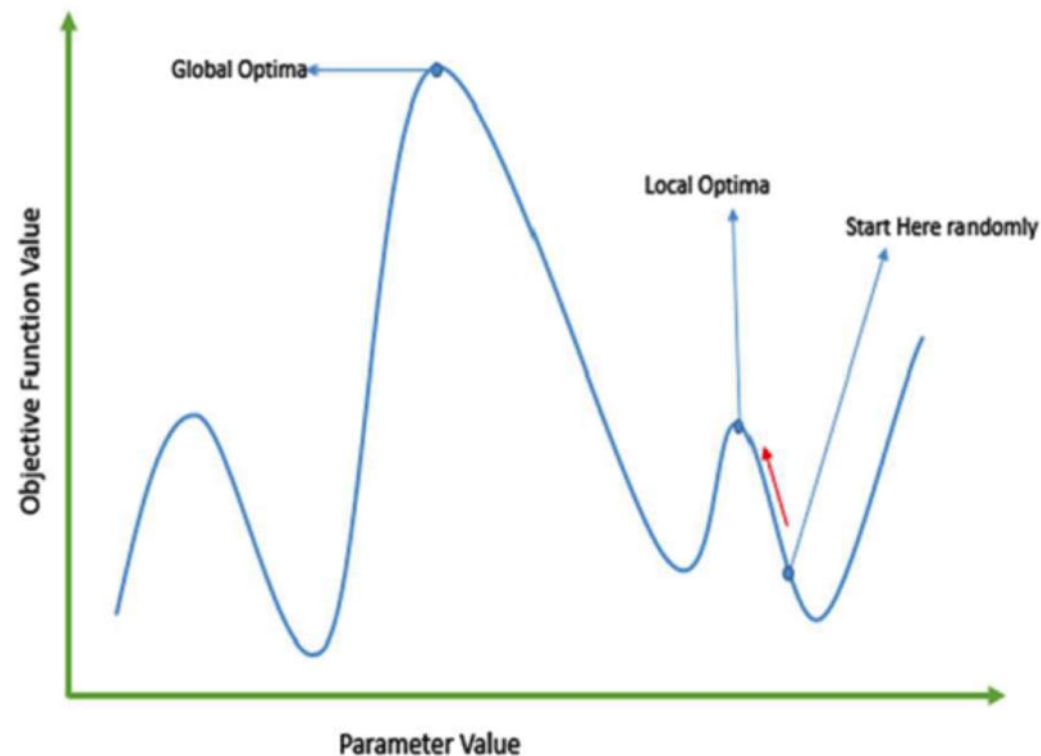
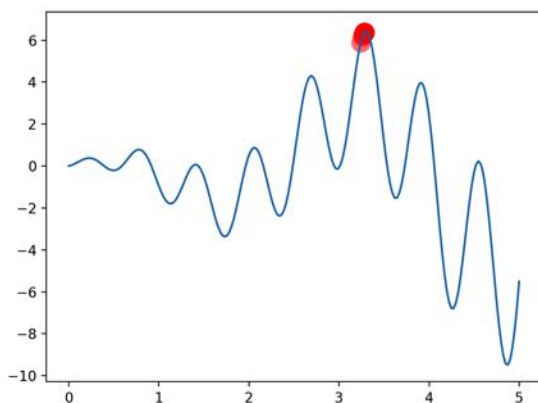
基因遗传算法的应用



- 函数优化、组合优化
 - 优化是通过改变参数来最大化或最小化目标函数。
 - 所有可能解（参数值）的集合构成搜索空间。
 - 在这个搜索空间中，有一组点是最佳解决方案，优化的目的就是在搜索空间中找到这样一组点。
- 例如左图寻找最大值
 - 如何搜索比较快？

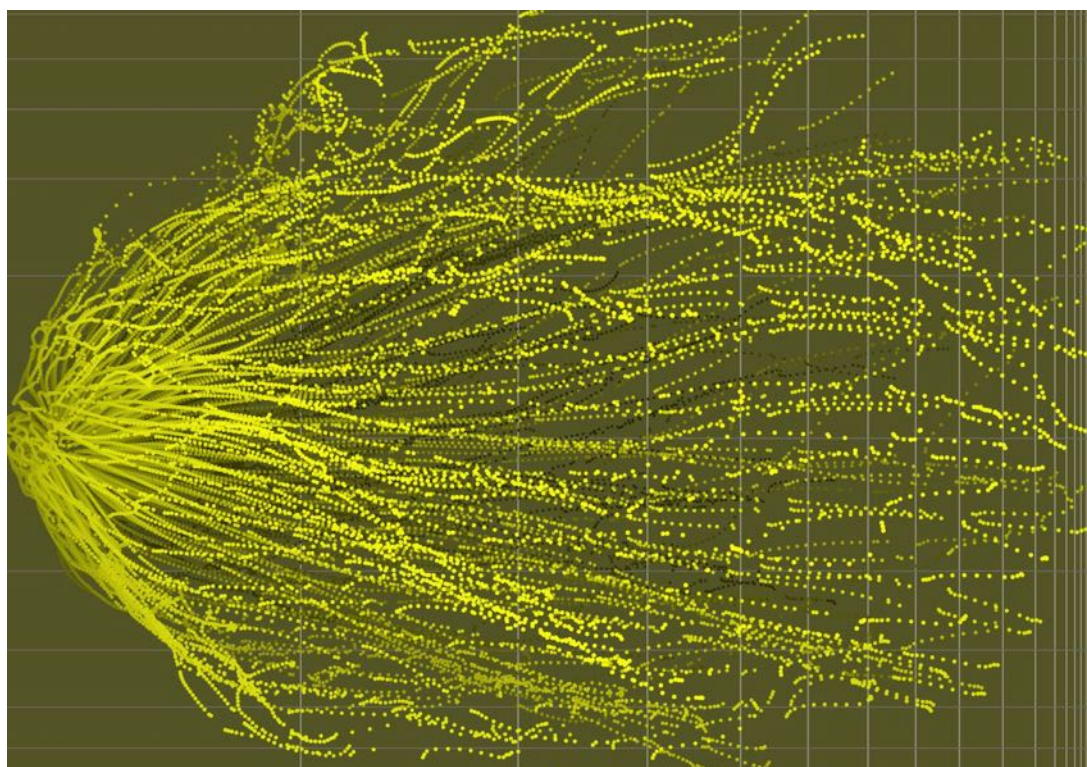
基因遗传算法的优缺点

- 那么下图的函数找最大值呢？
 - 用原来的搜索方法会有什么问题？



基因遗传算法的优缺点

人工智能
创新实践



- 遗传算法的优点
 - 全局搜索性强
 - 无需对搜索空间有事先的了解，
 - 能比较快找到相对较好的解
- 遗传算法的缺点
 - 计算量较大
 - 具有随机性，无法确保解决方案一定最优

总结



- 基因遗传算法和自然界遗传法则一样
- 需要从一个初始化种群出发
- 经过进化
- 利用适应度函数选择
- 最终得到最优解。

实例3：拼图游戏

- 如何用128个半透明的彩色三角形组合成指定的图案？
- 如果用搜索来解决的话，需要搜索多少三角形的组合？



实例3：拼图游戏

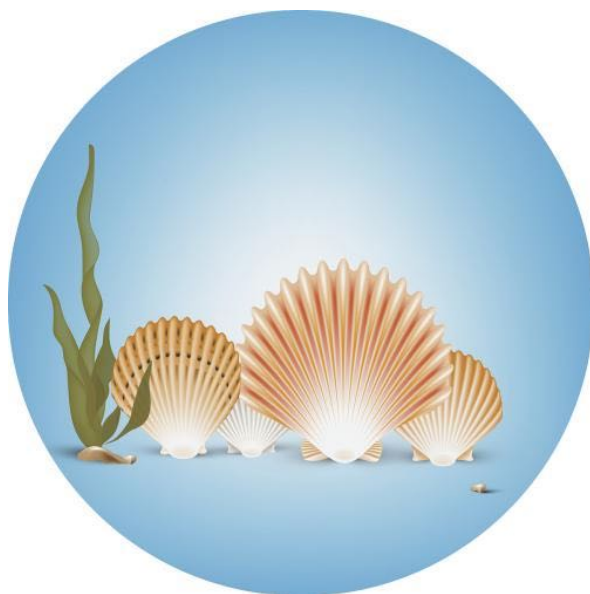
人工智能
创新实践



- 扇贝的故事：
 - 海岸边有一大群扇贝
 - 拾海鲜者专找不像其图腾的扇贝吃
 - 经过漫长的年代后
 - 存活的扇贝贝壳上都印着很像图腾的图案

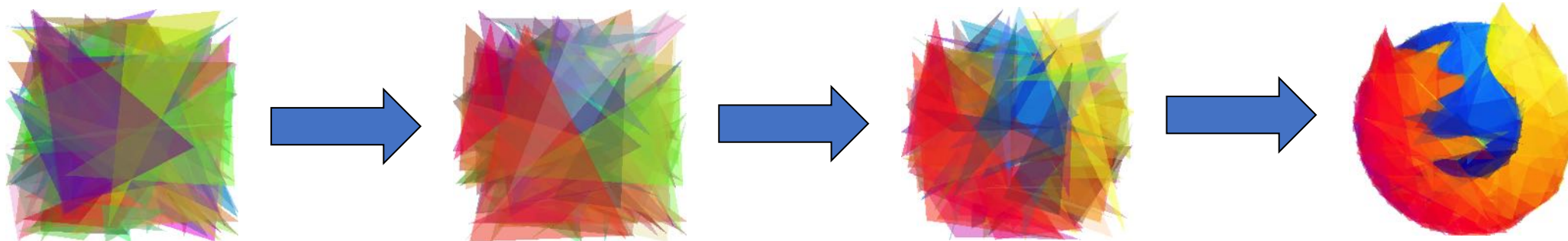
思考

- 扇贝的故事如何启发我们解决拼图问题？



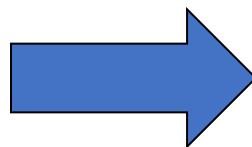
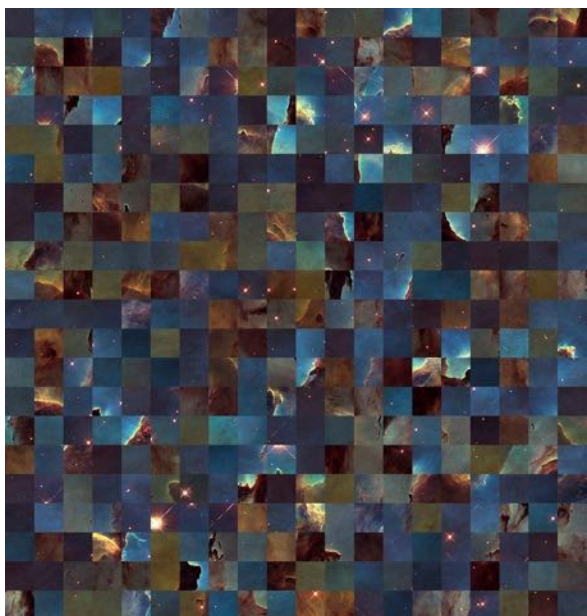
实例3：拼图游戏

- 先看一下成果图吧~



实例3：拼图游戏

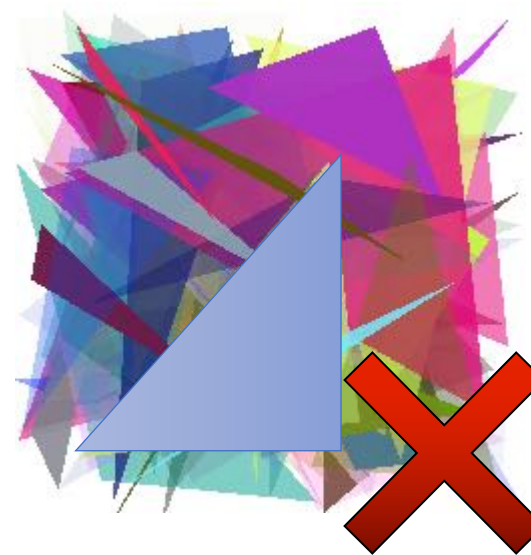
- 除了利用随机三角形生成图标，还可以利用遗传算法完成拼图



实例3：拼图游戏

- 原理

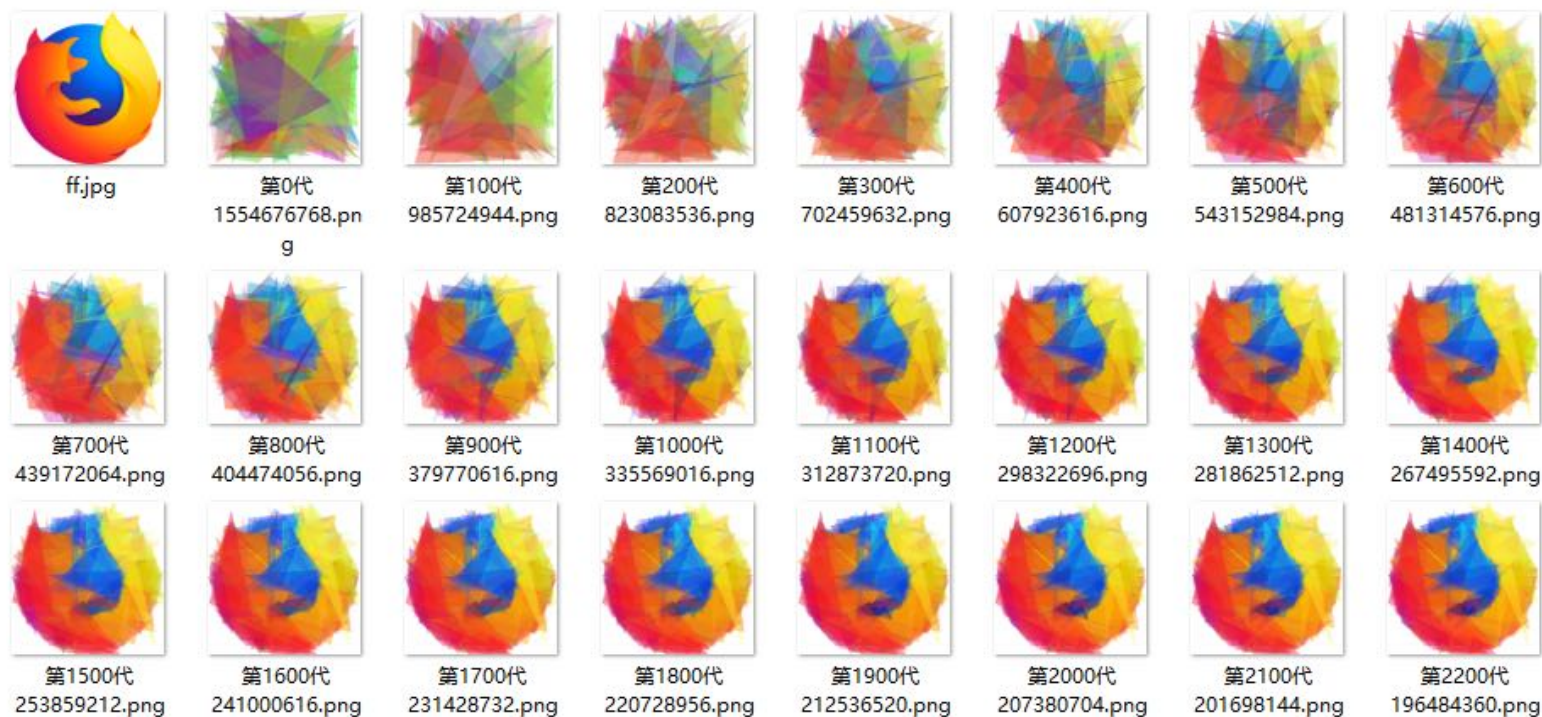
- 与自然界进化一样，要设立一个淘汰机制且不断提高标准，淘汰掉与样本图不像的图案



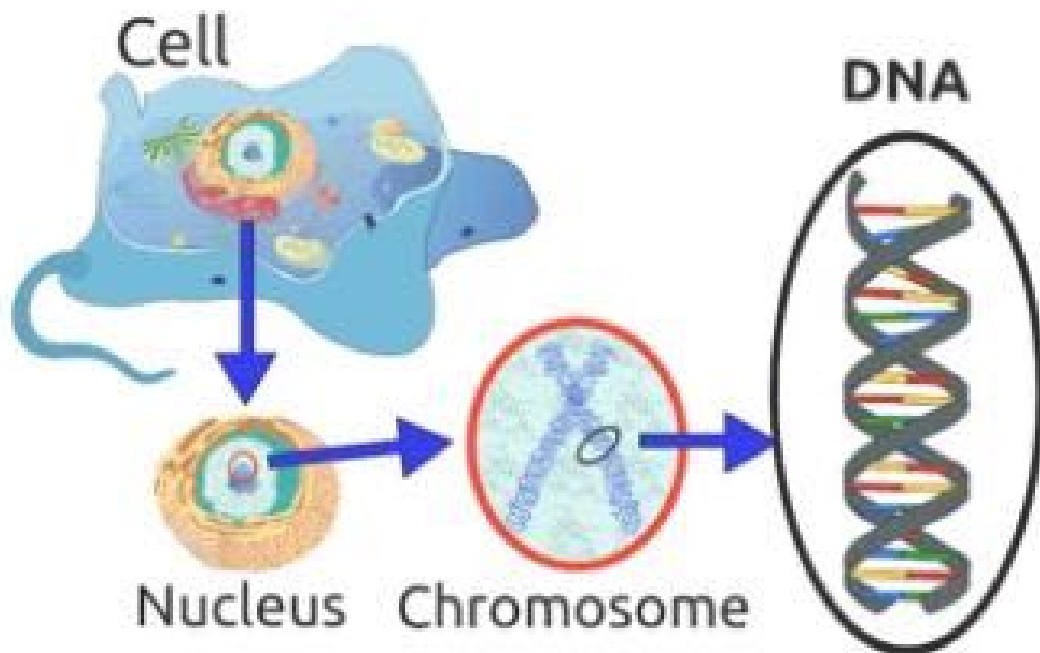
实例3：拼图游戏

• 总结：

- 用三角形拟合图案是应用遗传算法的一个实例。覆盖基因、遗传、变异、选择等方面。



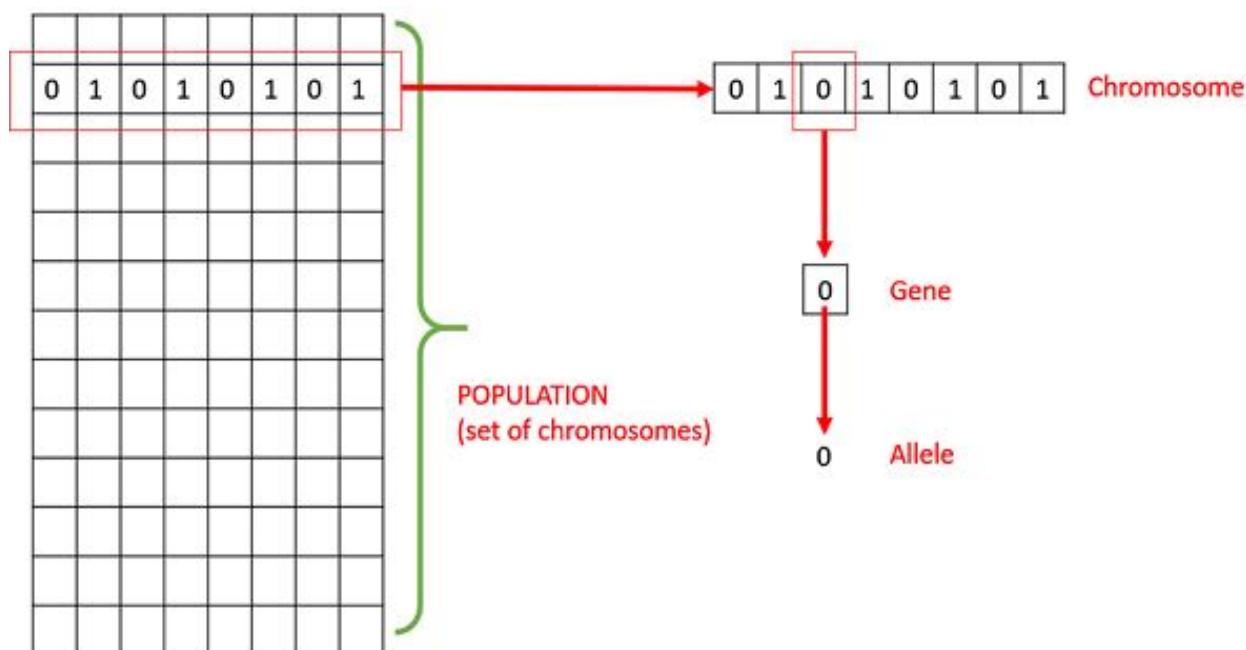
生物基因



- 基因：是遗传的基本单元
- 在一个生物的任何细胞中，都有着相同的一套染色体
- 染色体中决定生物各种性状的信息就是基因（DNA片段）

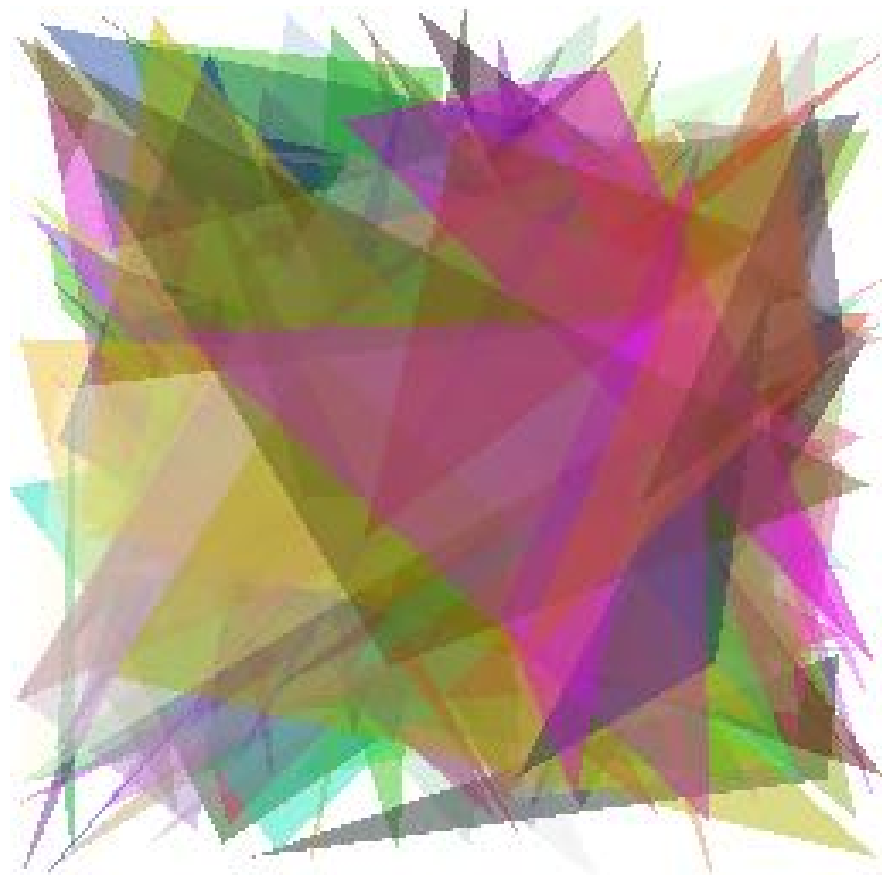
生物基因

- 若干条染色体组成一个个体，每条染色体中有若干个基因。
- 每个基因都编码了一个独特的性状。



拼图的基因

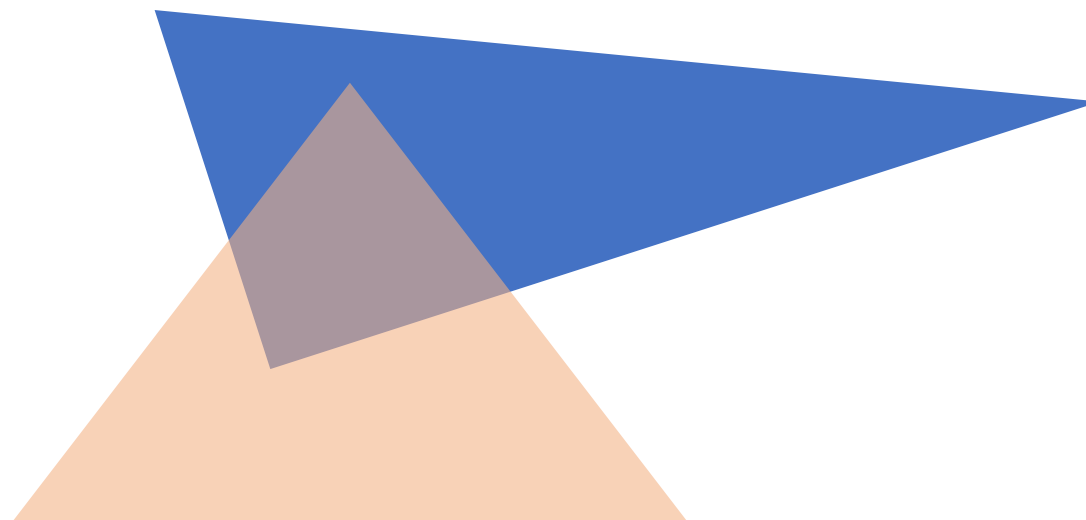
人工智能
创新实践



- 如果我们把128个半透明三角形组成的东西看成一个生物个体的话，它的样子是由这些三角形决定的。
- 每个三角形可以看作一个染色体
- 三角形的不同特征可以看作不同基因

三角形的特征

- 确定一个三角形的因素有哪些？
 - 1.颜色
 - 2.位置和大小：三个顶点坐标
 - 3.透明度



颜色



- 颜色color如何表示呢?
- 简单的方法：每一种颜色对应一个名字

颜色：合成任意颜色

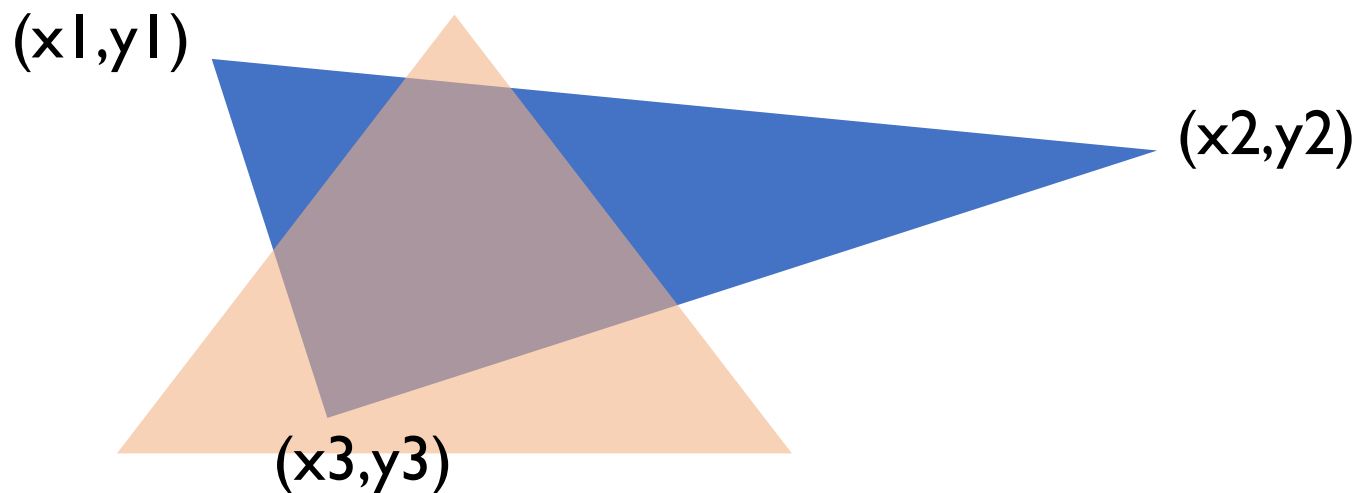
- 三原色（红、绿、蓝）
 - 对于红色分量，从0-255表示从黑到红



- 这是一个有 $256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$ 种颜色的颜料盒，红绿蓝每个分量随机产生一个数，就能生成一个颜色，作为三角形的一个基因。

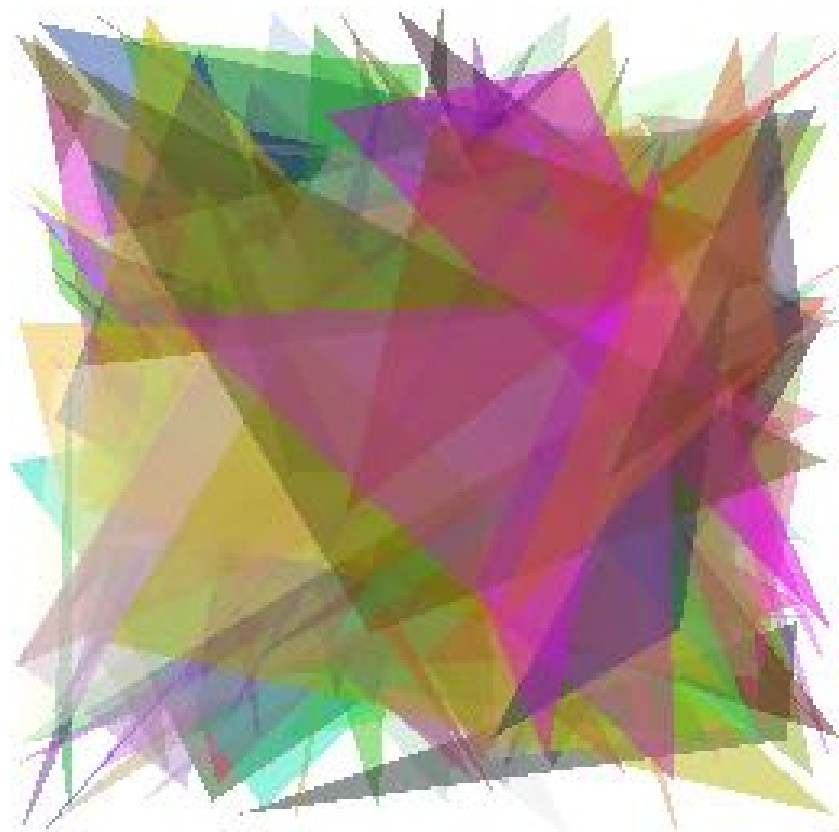
位置和透明度

- 位置
 - 三角形的三个顶点位置坐标 $(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3)$ 决定了三角形的大小和位置，也决定了三角形的另一个基因。
- 透明度
 - 取值在0%-100%之间，决定了三角形的第三个基因。



随机初始化

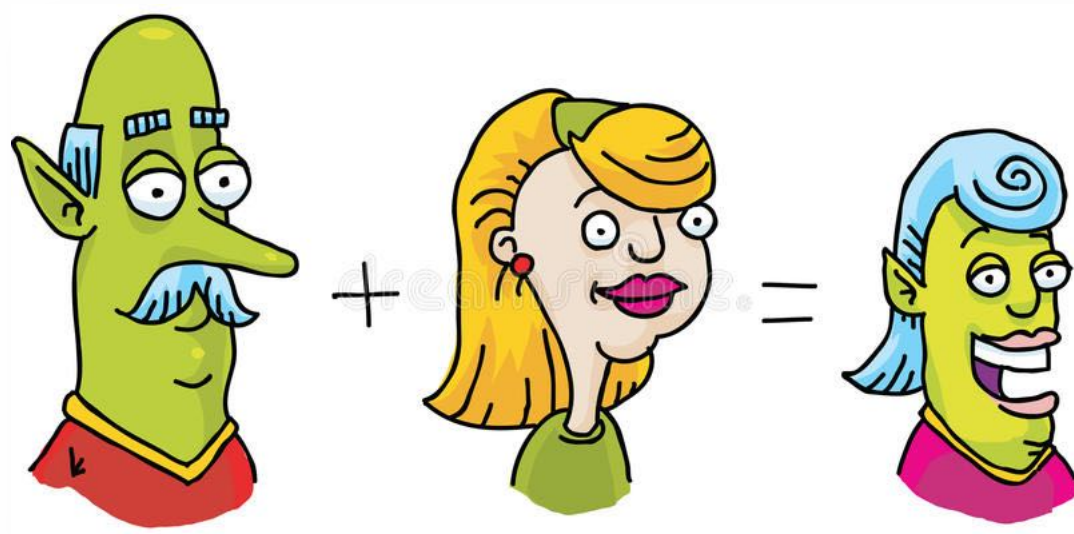
人工智能
创新实践



- 随机生成一系列的坐标值、颜色值和透明度
- 将这些值组合成一个个随机的三角形。
- 每128个三角形组成一个初始的个体
- 作为遗传算法最初的父代种群。

遗传和变异

人工智能
创新实践



- 有了父代之后，我们需要通过父代繁衍获得新的子代
- 这个过程就包括了遗传和变异。

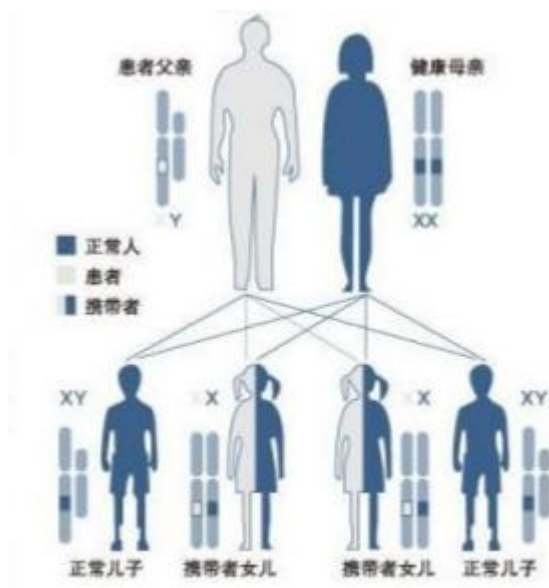
遗传和变异

• 遗传

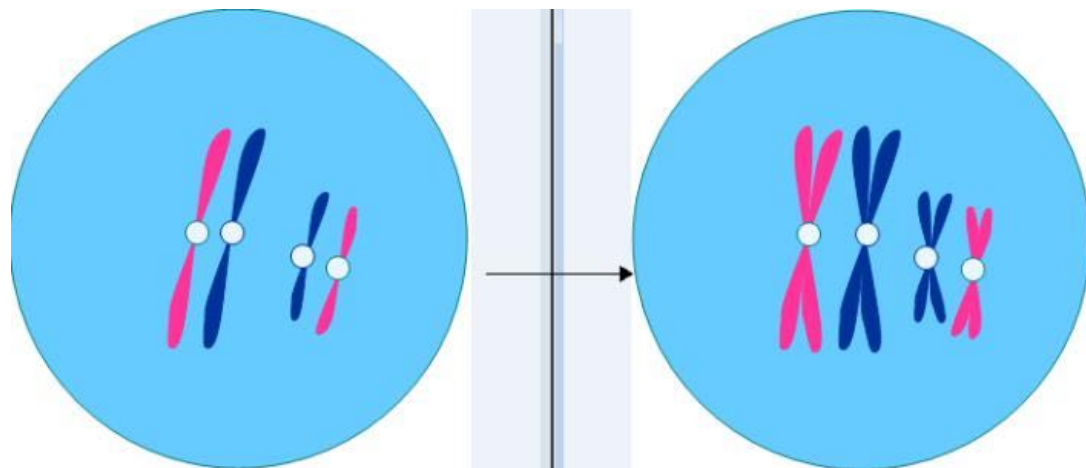
复制：染色体复制

交叉：染色体自由组合、交叉变换

没有产生新形状



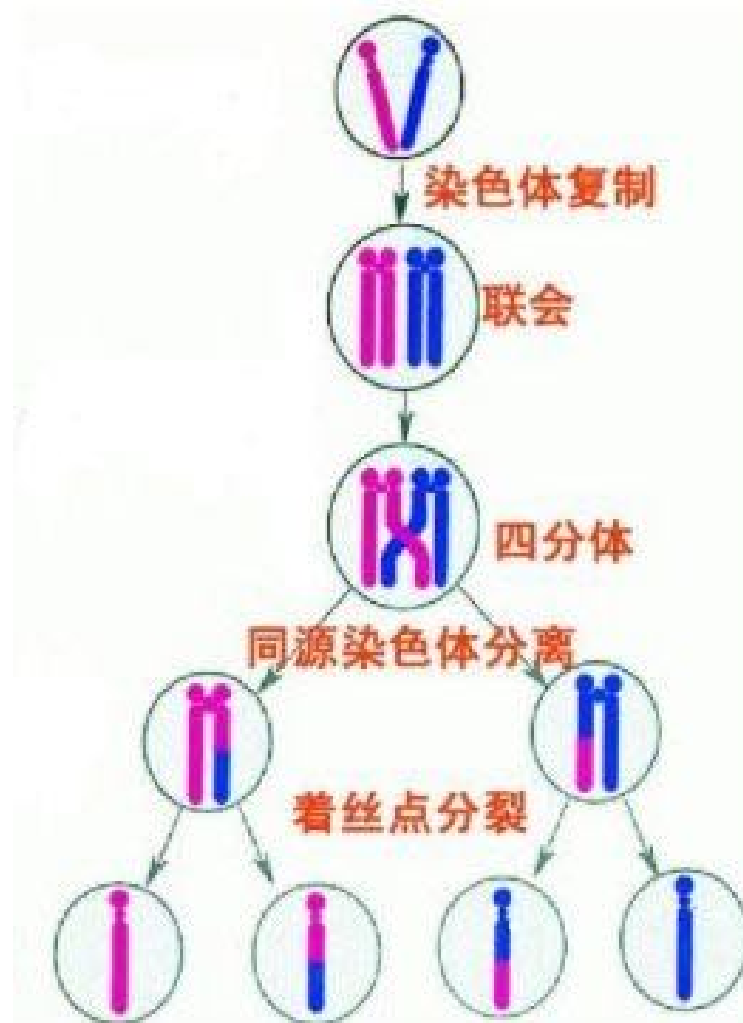
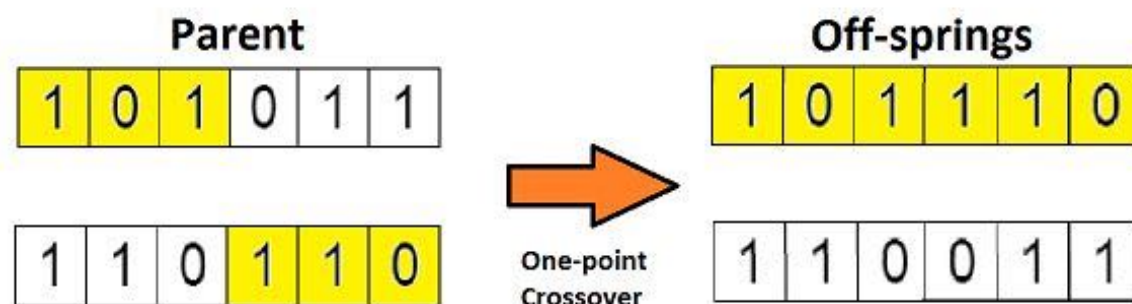
复制



- 目的：保留优良染色体
 - （不保留的将被淘汰）
- 方式：将适应度高的染色体原封不动地复制给子代

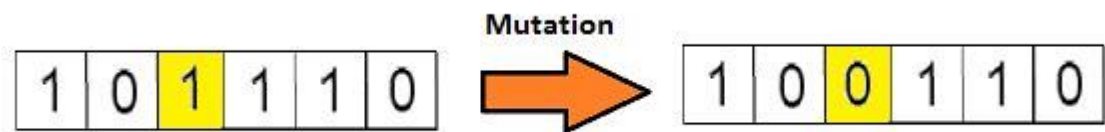
交叉

- › 将来自父母双方的染色体组合在一起，得到新的染色体，但性状不变。

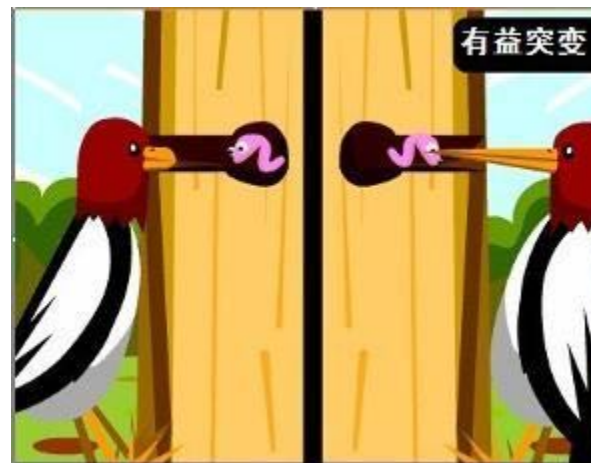
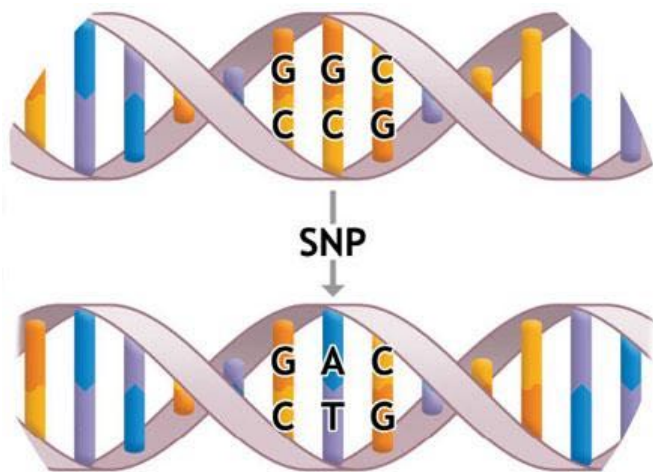


变异

人工智能
创新实践

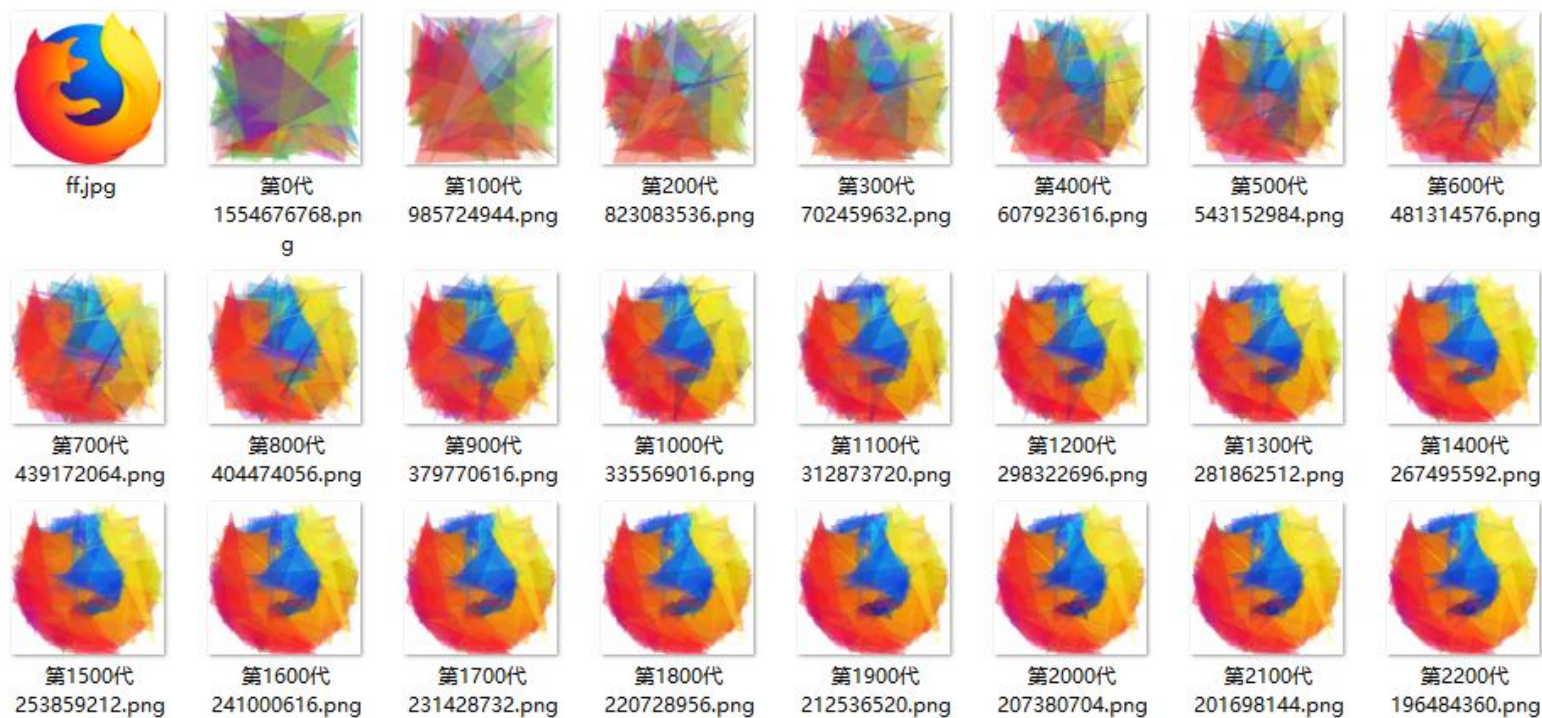


- 由基因突变产生新的基因
- 已有的基因可能不是最优的基因

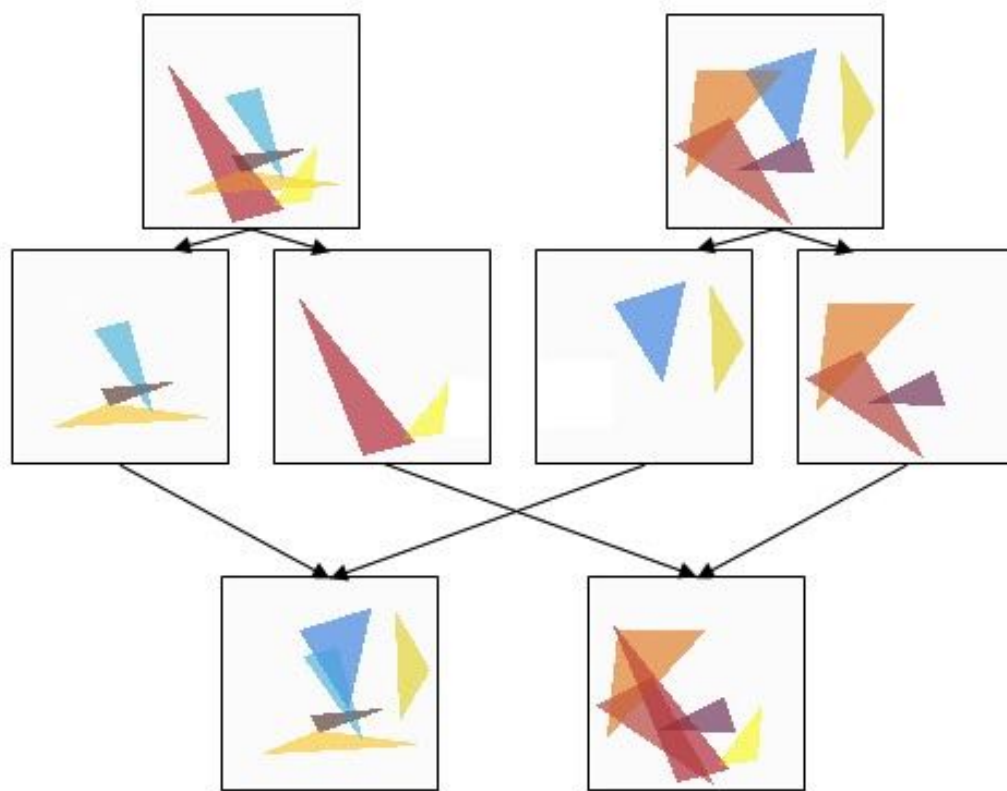


思考

- 根据你的生物学知识，算法后续的进化过程是如何进行的？



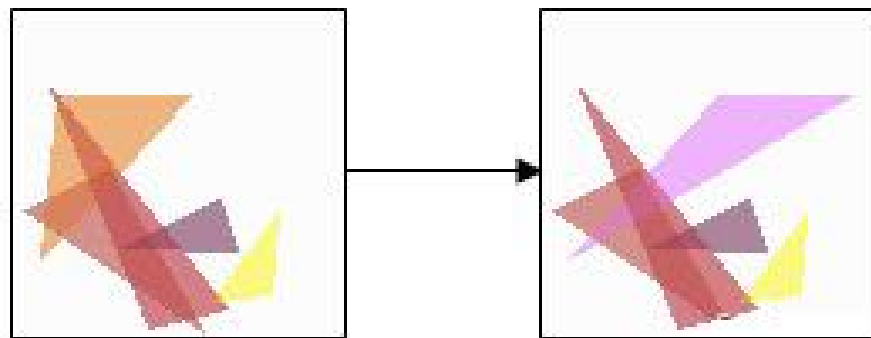
三角形的交叉



- 对于现有的父类
- 可以选择直接遗传继承
- 也可以选择交换某些三角形进行交叉

三角形的变异

人工智能
创新实践



- 将某个父类中的部分三角形进行变异
- 完全随机变异。
- 或在原有基础上进行稍微改变。

控制变异的概率

人工智能
创新实践



- 自然界生物变异的概率是不确定的。
- 对于三角形可以设置不同变异方式的概率，来获得更好的求解效果。

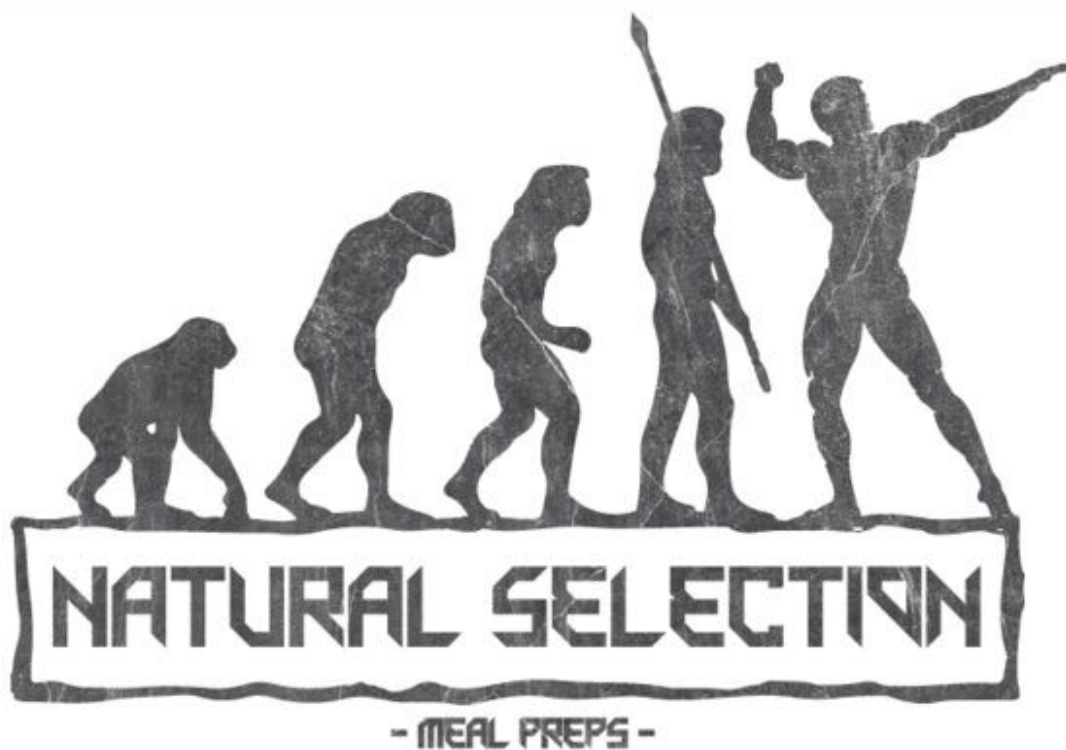
遗传和变异：总结

人工智能
创新实践



- 遗传是直接得到来自亲代的性状；
- 变异是随机改变来自亲代的性状。
- 亲代通过遗传和变异来生成新的子代。

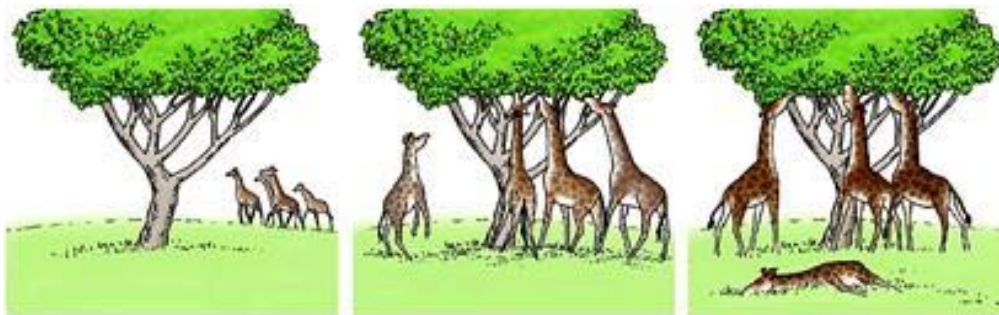
自然选择



- 达尔文提出的关于生物进化机理的自然选择学说。
- 在不断变化的生活条件下
- 具有**有利变异**的个体能**生存**下来并繁殖后代
- 具有**不利变异**的个体则逐渐被**淘汰**。

自然选择

- 大自然靠什么选择优良物种呢？



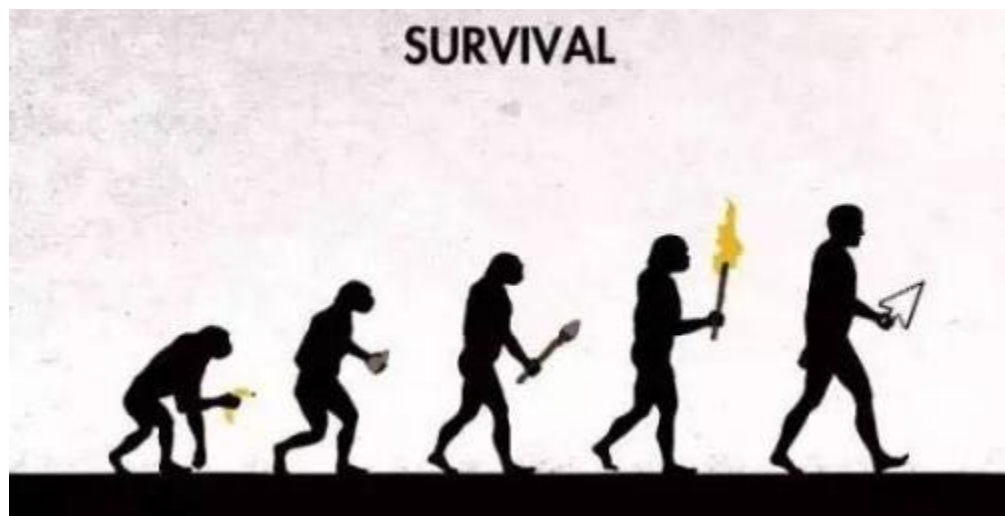
脖子长度

奔跑速度



适应度函数

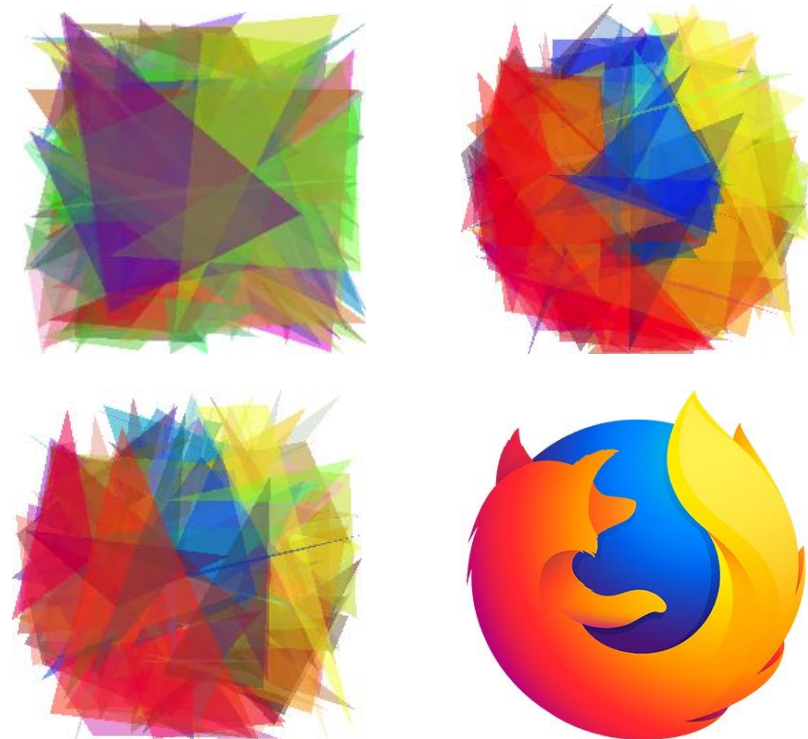
人工智能
创新实践



- 脖子长度、奔跑速度都是一个参数
- 我们可以利用**适应度函数**表示参数值的大小
- 判断个体是否应该被淘汰。

图片的适应度

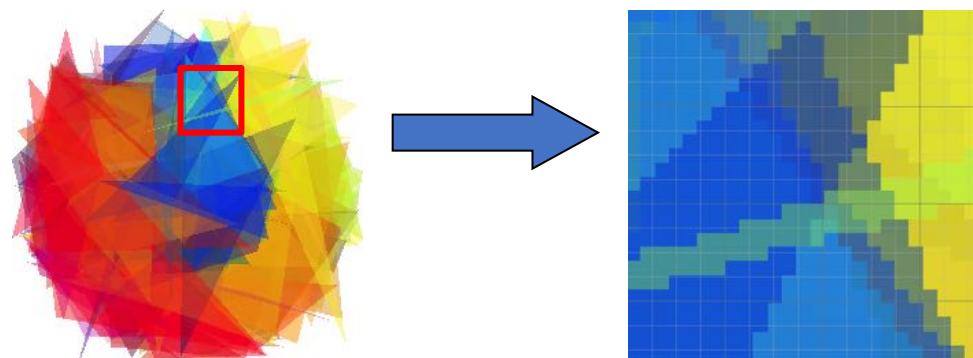
人工智能
创新实践



- 要用三角形拼成的图片
- 该怎么计算适应度?

图片的适应度

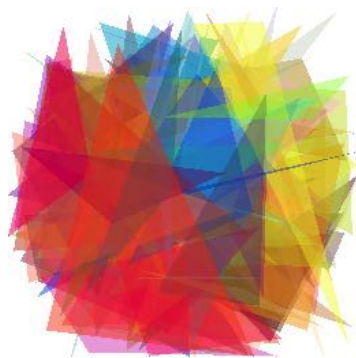
人工智能
创新实践



- 图片是由一系列像素点构成的
- 每个像素点有不同的R（红）、G（绿）、B（蓝）值来表达自己的颜色。

图片的适应度

$$f = (R_A - R_B)^2 + (G_A - G_B)^2 + (B_A - B_B)^2$$



A



B

- 对于每一个像素点，三个颜色通道分别计算当前图像A与目标图像B的差值。
- 将这个差值平方相加作为适应度函数

判定与淘汰

人工智能
创新实践



- 有了适应度函数，我们就能够代替大自然去决定哪一代保留，哪一代被淘汰。
- 如果子代适应度 $>$ 亲代适应度 则子代取代亲代，反之子代被淘汰

终止条件



第29900代

- 当适应度函数**小于**一定阈值
- 或者
- 循环迭代的次数**超过**了一定的限制
- 遗传算法终止，所得到的最好后代即是要找的最优解

总结

人工智能
创新实践



- 我们将当前图片与目标图片的差异量化为适应度函数。
- 模拟自然选择的过程，以适应度的高低来决定某一代结果的淘汰与生存。

【H5】遗传算法解决问题

- 描述如何用基因遗传算法来解决如下两个问题：
- 1，拼图问题：128个透明彩色三角形组合为任意图形；
- 2，求函数最大值的问题：求一个区间(x_1, x_2)内，任意函数 $f(x)$ 的最大值；