

# OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ TAVLAMA BENZETİMİ (Simulated Annealing) RAPORU

# Mevlüd Kuyumcu

**Anabilim Dalı: Adli Bilişim**

**Dersin Öğretim Görevlisi:** [**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KAYA**](https://abs.firat.edu.tr/mkaya)

**Dersin Asistan Görevlisi: Mustafa ERİŞ**

# TAVLAMA BENZETİMİ(Simulated Annealing)

Simüle edilmiş tavlama algoritması aslen metal işlerinde tavlama işleminden esinlenmiştir. Tavlama, iç yapısındaki değişikliklerden dolayı fiziksel özelliklerini değiştirmek için bir malzemenin ısıtılmasını ve soğutulmasını içerir. Metal soğudukça yeni yapısı sabitleşir ve sonuçta metalin yeni elde edilen özelliklerini korumasına neden olur. Simüle edilmiş tavlamada, bu ısıtma işlemini simüle etmek için bir sıcaklık değişkenini koruyoruz. Başlangıçta yüksek olarak ayarladık ve algoritma çalışırken yavaş yavaş 'soğumasına' izin verdik. Bu sıcaklık değişkeni yüksek olsa da algoritmaya, mevcut çözümden daha kötü olan çözümleri kabul etmek için daha sık bir şekilde izin verilecek. Bu, algoritmaya, yürütmenin başlarında kendisini bulduğu herhangi bir yerel optimum durumdan çıkma yeteneği verir. Sıcaklık azaldıkça, daha kötü çözümleri kabul etme şansı da vardır, bu nedenle algoritmanın yavaş yavaş optimum bir çözüme yakın bulunabileceği bir arama alanına odaklanmasına izin verilir. Bu kademeli 'soğutma' işlemi, çok çeşitli yerel optimumlar içeren büyük problemlerle uğraşırken simüle edilmiş tavlama algoritmasını optimum çözüme yakın bulmada oldukça etkili kılan şeydir. Seyahat eden satıcı probleminin niteliği onu mükemmel bir örnek yapar. bu nedenle, algoritmanın yavaş yavaş, optimum bir çözüme yakın bulunabileceği bir arama alanına odaklanmasını sağlamak. Bu kademeli 'soğutma' işlemi, çok çeşitli yerel optimumlar içeren büyük problemlerle uğraşırken simüle edilmiş tavlama algoritmasını optimum çözüme yakın bulmada oldukça etkili kılan şeydir. Seyahat eden satıcı probleminin niteliği onu mükemmel bir örnek yapar. bu nedenle, algoritmanın yavaş yavaş, optimum bir çözüme yakın bulunabileceği bir arama alanına odaklanmasını sağlamak. Bu kademeli 'soğutma' işlemi, çok çeşitli yerel optimumlar içeren büyük problemlerle uğraşırken simüle edilmiş tavlama algoritmasını optimum çözüme yakın bulmada oldukça etkili kılan şeydir. Seyahat eden satıcı probleminin niteliği onu mükemmel bir örnek yapar. Verilen bir [fonksiyonun](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRnVuY3Rpb25fKG1hdGhlbWF0aWNzKQ) [global optimumuna](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvR2xvYmFsX29wdGltdW0) yaklaşmak için [olasısal bir tekniktir](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvUHJvYmFiaWxpc3RpY19hbGdvcml0aG0) . Spesifik olarak, bir [optimizasyon problemi](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvT3B0aW1pemF0aW9uX3Byb2JsZW0) için geniş bir [arama alanı](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU29sdXRpb25fc3BhY2U) [global optimizasyona yakın](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvR2xvYmFsX29wdGltaXphdGlvbg) değer vermek [metaheuristiktir](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTWV0YWhldXJpc3RpYw) . Arama alanı ayrık ortamında bulunanlar (varsa, giden bir şehir kümesini ziyaret eden tüm türlar). En iyi bulmanın sabit, en [uygun bulucu](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvR3JhZGllbnRfZGVzY2VudA)gibi alternatiflere benzetilmiş tavlama tercih edilebilir .

Adı ve ilham kaynağı [metalürjide](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQW5uZWFsaW5nXyhtZXRhbGx1cmd5KQ) tavlamadan gelir , kristallerin ayarlanabilir hale getirilmesi ve etkisiz hale getirilmesi için bir malzemenin ısıtılması ve ısıtılarak soğutulmasını içeren bir tekniktir. Her ikisi de termodinamik serbest enerjisine bağlı olan malzemenin bileşimdir. Malzemenin ısıtılması ve soğutulması hem sıcaklığı hem de termodinamik serbest enerjiyi yönlendir. Tavlama kavramı, çok işlevli değişken [[1]](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU2ltdWxhdGVkX2FubmVhbGluZyNjaXRlX25vdGUtOjAtMQ) [[2]](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU2ltdWxhdGVkX2FubmVhbGluZyNjaXRlX25vdGUtOjEtMg)

Simüle edilmiş tavlama algoritması, işlemin nosyonu, çözüm alanı keşfedildiğinde daha kötü durumda kabul edilebilir olma olasılığı muhtemel yavaş bir arada olarak yorumlanır. Daha fazla kötüye bakarak kabul etmek metabilginin temel bir özelliğidir, küresel ölçekte en uygun çözüm için daha iyi bir araştırma yapılmasını sağlamak. Genel olarak, benzetilmiş tavlama algoritmaları şu şekilde çalışır. Her bir zaman adımında, algoritma rastgele güncel olana yakın bir çözüm seçer, mevcut ölçüm cihazı ve çeşitli seçenekler seçerek iki olasıtan birini seçerek bu çözümle kalmaya ya da mevcut çözümle kalmaya karar verir. Yeni çözümün mevcut çözümden daha iyi ya da daha kötü olması.Arama yapabilirsiniz sıcaklık kademeli olarak başlangıçtaki bir pozitif değerden sıfıra düşürülür ve iki durumda şöyle: onu adımda daha iyi bir yeni çözüme geçme halinde ya 1 olarak tutulur veya pozitif bir değere doğru değiştirilir; Öte yandan, daha kötü bir yeni çözüme geçme aşamasında kademeli olarak sıfıra doğru değişmektedir.

# Temel yineleme

Her bir adımda, ısıl işlem buluşsal bazı komşu durum değerlendirmesi *s \** mevcut durumu *s* ve [olasılıksal](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvUHJvYmFiaWxpc3RpYw) devlet hareket sistemi arasında karar *x s* ya da in-halde kalan *s* . Bu olasılıklar nihayetinde sistemin daha düşük enerji durumuna geçmesine neden olmaktadır. Tipik olarak, bu adım, sistem başvuru için yeterince iyi bir duruma ulaşana veya verilen bir hesaplama bütçesi tükenene kadar tekrar edilir.

# Bir devletin komşuları

Bir çözümün optimizasyonu, belirli bir durumu muhafazakar olarak değiştirerek üretilen yeni devletler olan bir problem durumunun komşularının değerlendirilmesini içerir. Örneğin, [seyahat eden satıcı probleminde](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVHJhdmVsbGluZ19zYWxlc21hbl9wcm9ibGVt) her durum genellikle bir [permütasyon](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvUGVybXV0YXRpb24) olarak tanımlanırziyaret edilecek şehirlerden biri ve komşuları, birbirini takip eden iki şehrin sırasını tersine çevirerek üretilen izinlerdir. Devletlerin komşu devletler üretmek için değiştirildiği iyi tanımlanmış bir şekilde "hareket" denir ve farklı hareketler, farklı komşu devlet grupları verir. Bu hareketler genellikle parçalarını tekrarlayan bir şekilde iyileştirme çabasıyla (seyahat eden satıcı problemindeki şehir bağlantıları gibi), son durumdaki minimum değişikliklerle sonuçlanır.

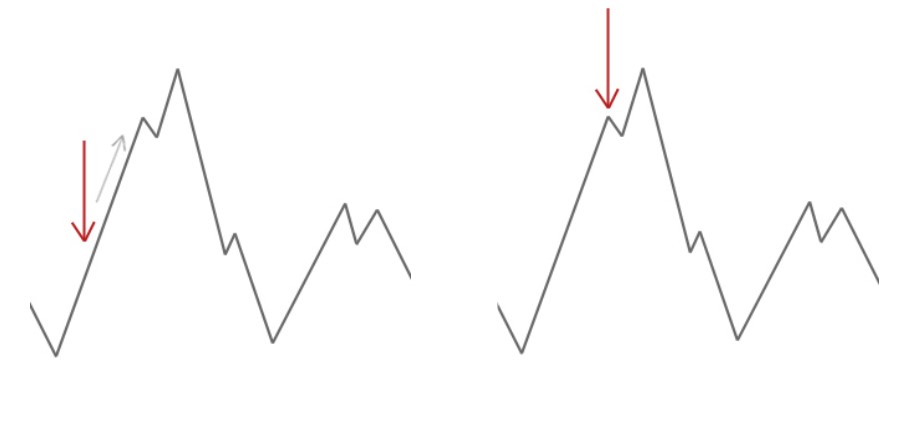
Daha iyi komşulardan sonra daha iyi komşular bularak hareket eden ve daha iyi çözümler olan komşuları olmayan bir çözüme ulaştıklarında durdurulan [tepe tırmanma](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvSGlsbF9jbGltYmluZw) gibi basit [sezgiler](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvSGV1cmlzdGlj) , var olan daha iyi çözümlerin herhangi birine yol açmayı garanti edemez - sonuçları kolayca olabilir.Bir [yerel optimum](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTG9jYWxfb3B0aW11bQ) iken fiili iyi çözüm bir olurdu [küresel optimum](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvR2xvYmFsX29wdGltdW0)farklı olabilir. [Meta-teknik](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTWV0YWhldXJpc3RpYw) , bir çözümün komşularını, çözüm alanını araştırmanın bir yolu olarak kullanır ve daha iyi komşular tercih etmelerine rağmen, yerel optima'da sıkışıp kalmamak için daha kötü komşular da kabul eder; Yeterince uzun bir süre boyunca koşarlarsa, global optimumları bulabilirler.

# Benzetilmiş Tavlamanın Avantajları

Basit bir tepe tırmanıcı gibi bir şey üzerine benzetilmiş tavlama uygulamanın gerçek bir avantajı olup olmadığını merak ediyor olabilirsiniz. Tepe tırmanıcıları iyi bir çözüm bulma konusunda şaşırtıcı derecede etkili olsalar da, yerel optimum koşullarda takılma eğilimindedirler. Daha önce belirttiğimiz gibi, benzetilmiş tavlama algoritması bu problemden kaçınmak için mükemmel ve yaklaşık olarak global bir optimum bulmada ortalama olarak çok daha iyidir.

Daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmak için, temel bir tepe tırmanma algoritmasının neden yerel optimum koşullarda yakalanmaya eğilimli olduğuna hızlıca bir göz atalım.

Bir tepe tırmanma algoritması basitçe mevcut çözümden daha iyi olan komşu çözümleri kabul edecektir. Tepe tırmanıcısı daha iyi komşular bulamadığında, durur.



Yukarıdaki örnekte kırmızı ok da tepeciğimize başlıyoruz ve ilk tepeden inmeden daha yükseğe tırmanamayacağı bir noktaya ulaşana kadar tepeye doğru ilerliyor. Bu örnekte yerel olarak optimum bir konumda sıkışıp kaldığını açıkça görüyoruz. Bu gerçek bir dünya sorunu olsaydı, arama alanının nasıl göründüğünü bilmiyorduk, ne yazık ki bu çözümün global bir optimumun yakınında bir yerde olup olmadığını söyleyemeyiz.

Simüle edilmiş tavlama bundan biraz farklı şekilde çalışır ve bazen daha kötü çözümleri kabul eder. Simüle edilmiş tavlamanın bu özelliği, aksi takdirde sıkışmış olabileceği yerel optimumlardan atlamasına yardımcı olur.

# Kabul Fonksiyonu

Algoritmanın hangi çözümleri kabul edeceğine nasıl karar verdiğine bir göz atalım, böylece bu yerel optimumları nasıl önleyebileceğini daha iyi anlayabilelim.

İlk olarak, komşu çözümün mevcut çözümden daha iyi olup olmadığını kontrol ederiz. Öyleyse, koşulsuz olarak kabul ediyoruz. Bununla birlikte, komşu çözüm daha iyi değilse, birkaç faktörü göz önünde bulundurmamız gerekir. İlk olarak, komşu çözümün ne kadar kötü olduğu; ve ikincisi, sistemimizin mevcut 'sıcaklığının' ne kadar yüksek olduğu. Yüksek sıcaklıklarda, sistemin daha kötü olan çözümleri kabul etmesi daha olasıdır.

Bunun için matematik oldukça basittir:

exp ((çözümEnerji - neighbourEnergy) / sıcaklık)

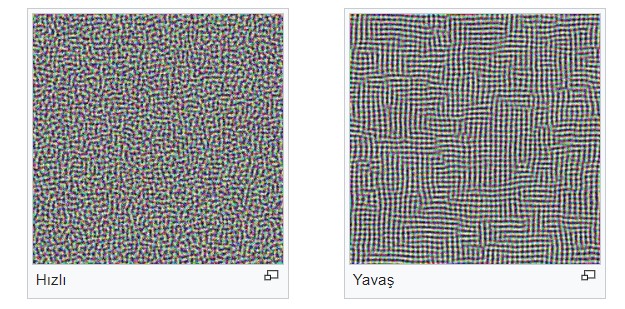
Temel olarak, enerjideki değişim (çözeltinin kalitesi) ne kadar küçükse ve

sıcaklık ne kadar yüksek olursa, algoritmanın çözümü kabul etmesi o kadar

olasıdır.

# Tavlama programı

Algoritmanın adı ve ilham kaynağı, algoritmanın operasyonel özelliklerine gömülecek sıcaklık değişimi ile ilgili ilginç bir özellik gerektirir. Bu, simülasyon ilerledikçe sıcaklığın kademeli olarak azaltılmasını gerektirir. Algoritma başlangıçta ile başlar yüksek bir değere (veya sonsuzluğa) ayarlanmış ve ardından bazı *tavlama programlarını* izleyen her adımda azalır - bu kullanıcı tarafından belirlenebilir, ancak ayrılan zaman bütçesinin sonuna doğru. Bu şekilde, sistemin başlangıçta, enerji fonksiyonunun küçük özelliklerini göz ardı ederek iyi çözümler içeren arama alanının geniş bir bölgesine doğru ilerlemesi beklenir; daha sonra daralan ve daralan düşük enerjili bölgelere doğru sürüklenir; ve nihayet en [dik iniş](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU3RlZXBlc3RfZGVzY2VudA) sezgiseline göre yokuş aşağı hareket et .



Benzetilmiş tavlama hedefi ilkesinin açıklaması. Buradaki sorun, Benzer [renklerin](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQ29sb3Vy)Kısa mesafeden çekilmesine ettik biraz daha uzak Bir mesafeden geri çekilmesine neden Olan beligbli Bir [enerji](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvUG90ZW50aWFsX2VuZXJneQ) fonksiyonunu tr aza indirecek sekilde görüntünün [piksellerini](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvUGl4ZWw) yeniden düzenlemek . Temel hareketler iki bitişik pikseli değiştirir. Bu görüntüler , görüntüler [şekilsiz](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQW1vcnBob3VzX3NvbGlk) ve [kristalli katılara](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQ3J5c3RhbGxpbmVfc29saWQ) benzer görüntüler veren hızlı bir [ortam](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQ3J5c3RhbGxpbmVfc29saWQ) programı (solda) ve yavaş bir ortam programı (sağda) ile elde edildi.

# Algoritma Genel Bakış

Peki algoritma nasıl görünüyor? En basit uygulamasında oldukça basit.

* İlk önce başlangıç sıcaklığını ayarlamalı ve rastgele bir başlangıç çözümü oluşturmalıyız.
* Sonra durma koşulumuz karşılanıncaya kadar döngülemeye başlarız. Genellikle sistem ya yeterince soğudu ya da yeterince iyi bir çözüm bulundu.
* Buradan mevcut çözümümüzde küçük bir değişiklik yaparak bir komşu seçiyoruz.
* Daha sonra bu komşu çözümüne geçip geçmemeye karar veriyoruz.
* Sonunda sıcaklığı düşürüyor ve döngüye devam ediyoruz

# Parametrelerin seçilmesi

Simüle edilmiş tavlama yöntemini belirli bir probleme uygulamak için, aşağıdaki parametreler belirtilmelidir: durum alanı, enerji (hedef) işlevi E () , aday üretici prosedürü komşusu () , kabul olasılık işlevi P () , ve tavlama programı sıcaklığı () VE başlangıç sıcaklığı <giriş sıcaklığı>. Bu seçimler, yöntemin etkinliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Ne yazık ki, tüm parametreler için iyi olacak olan bu parametrelerin seçimi yoktur ve verilen bir problem için en iyi seçimi bulmanın genel bir yolu yoktur. Aşağıdaki bölümlerde bazı genel kurallar verilmiştir.

Simüle edilmiş tavlama, köşeleri tümü muhtemel durumları olan ve kenarları aday hamle olan bir arama grafiği üzerinde rastgele bir yürüyüş olarak modellenebilir. Neighbor ()işlevi için vazgeçilmez bir gereksinim , bu grafikte başlangıç durumundan genel optimum olan herhangi bir duruma yeterince kısa bir yol sağlaması gerektiğidir - arama grafiğinin çapı küçük olmalıdır. Yukarıdaki seyahat eden satıcı örneğinde, örneğin, n = 20 şehir için arama alanı n! = 2,432,902,008,176,640,000 (2,4 litre) durum; ancak iki ardışık şehri değiştiren komşu jeneratör işlevi, herhangi bir eyaletten (turdan) en fazla başka bir ülkeye geçebilir adım.

# Geçiş olasılıkları

Simüle edilmiş tavlamanın belirli bir problem üzerindeki davranışını araştırmak için , algoritmanın uygulanmasında yapılan çeşitli tasarım seçimlerinden kaynaklanan *geçiş olasılıklarını* düşünmek faydalı olabilir . Her kenar için

Arama grafiğinin geçiş olasılığı, benzetilmiş tavlama algoritmasının duruma geçeceği olasılığı olarak tanımlanmaktadır.Şu anki durumu.Bu olasılık, sıcaklık

() ile belirtilen geçerli sıcaklığa , adayın komşu () fonksiyonu tarafından üretildiği sıraya ve kabul olasılık fonksiyonu P () 'ye bağlıdır . (Geçiş olasılığının basit olmadığını unutmayın çünkü adaylar seri olarak test edildi.)

# Kabul olasılıkları

Belirtimi komşu () , (P) ve sıcaklık () kısmen gereksizdir. Uygulamada, birçok kabul için aynı kabul fonksiyonunu P () kullanmak ve diğer iki fonksiyonu spesifik soruna göre ayarlamak yaygındır . Kirkpatrick ve arkadaşlarının metodunun formülasyonunda, kabul olasılık fonksiyonu eğer 1 olarak tanımlandı ve aksi takdirde. Bu formül yüzeysel olarak fiziksel bir sistemin geçişlerine benzetilerek haklı çıkarıldı; T = 1 ve Metropolis → Hastings'in teklif dağılımının simetrik olması durumunda  [Metropolis-Hastings algoritmasına](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTWV0cm9wb2xpcyVFMiU4MCU5M0hhc3RpbmdzX2FsZ29yaXRobQ) karşılık gelir . Bununla birlikte, bu kabul olasılığı, Metropolis-Hastings'deki teklif dağılımına benzer olan komşu () işlevi simetrik olmasa veya hiç olasılıkla olmasa bile, taklit tavlama için kullanılır . Sonuç olarak, benzetilmiş tavlama algoritmasının geçiş olasılıkları, benzer fiziksel sistemin geçişlerine ve sabit sıcaklıktaki durumların uzun vadeli dağılımına karşılık gelmez.Herhangi bir sıcaklıkta, o fiziksel sistemin durumları üzerindeki termodinamik denge dağılımına herhangi bir benzerlik taşımasına gerek yoktur. Bununla birlikte, simüle edilmiş tavlamanın çoğu açıklaması, muhtemelen SA'nın birçok uygulamasında kodlanmış olan orijinal kabul işlevini üstlenir.

# Verimli aday üretimi

Aday jeneratör komşusunu () seçerken , bir tanesi benzetilmiş tavlama algoritmasının birkaç yinelemesinden sonra, mevcut durumun rastgele bir durumdan çok daha düşük enerjiye sahip olacağını beklemelidir. Bu nedenle, genel bir kural olarak, bir jeneratörü hedef durum enerjisinin bulunduğu aday hamlelerine doğru eğmek gerekir.Mevcut duruma benzer olması

muhtemeldir. Bu [sezgisel](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvSGV1cmlzdGlj) ( [Metropolis - Hastings algoritmasının](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTWV0cm9wb2xpcyVFMiU4MCU5M0hhc3RpbmdzX2FsZ29yaXRobQ)temel prensibi olan ) “çok iyi” aday hamle ve “çok kötü” hareketleri dışlama eğilimindedir; bununla birlikte, ilki ikinciden genellikle daha az yaygındır, bu nedenle buluşsal yöntem genellikle oldukça etkilidir.

Yukarıdaki seyahat eden satıcı probleminde, örneğin, düşük enerjili bir turda iki *ardışık*şehri değiştirmenin enerjisini (uzunluk) mütevazı bir etkiye sahip olması bekleniyor; iki *keyfi*kenti değiştirmenin , uzunluğunu azaltmaktan daha uzun olması daha muhtemeldir. Bu nedenle, ardışık değiştirilebilir komşu üreticinin, isteğe bağlı olarak değiştirilebilir olandan daha iyi bir performans göstermesi beklenir. yerine takas ).

Sezgiselin daha kesin bir ifadesi, birinin ilk aday devletleri denemesi gerektiğidir. hangisi için büyük. "Standart" kabul fonksiyonu için yukarıda, demek ki emriyle veya daha az. Bu nedenle, yukarıdaki seyahat eden satıcı örneğinde, iki rastgele şehri değiştiren bir komşu () işlevi kullanılabilir; burada şehir çifti seçme olasılığı, mesafeleri arttıkça kaybolur. .

# Bariyer kaçınma

Aday jeneratör komşusunu () seçerken kişi, aynı zamanda tüm komşu devletlerden çok daha düşük enerjiye sahip olan “derin” yerel minima eyaletlerini (veya bağlı devlet gruplarını) azaltmaya çalışmalıdır. Bu "kapalı [su toplama](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRHJhaW5hZ2VfYmFzaW4) kapanı (havzasında durumlarının sayısına orantılıdır) yüksek bir olasılık ile ısıl işlem algoritması olabilir enerji fonksiyonu ve çevresindeki durumları arasındaki enerji farkına kabaca üstel çok uzun bir süre için (lavabolar" Havzanın dibi).

Kural olarak, bu hedefi gerçekleştirecek bir aday jeneratör tasarlamak ve aynı zamanda benzer enerjiye sahip adaylara öncelik vermek mümkün değildir. Diğer yandan, jeneratörde nispeten basit değişikliklerle simüle edilmiş tavlamanın etkinliğini büyük ölçüde artırabilir. Örneğin, seyahat eden satıcı probleminde, iki tur sergilemek zor değil, neredeyse eşit uzunluklarda, öyle ki (1) (2) dönüştüren her şehir çifti değişim dizisi. için her ikisinden de daha uzun olan turlardan geçiyor ve (3) dönüştürülebilir ardışık şehirler kümesini çevirerek (sırasını tersine çevirerek). Bu örnekte, ve Eğer jeneratör sadece rastgele çift değişimi gerçekleştirirse, farklı "derin havzalarda" yatmak; fakat eğer jeneratör rasgele segment-flips yaparsa aynı havzada olurlar.

# Soğutma programı

Simüle edilmiş tavlamayı haklılaştırmak için kullanılan fiziksel benzetme, mevcut durumun olasılık dağılımının her zaman [termodinamik dengeye](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVGhlcm1vZHluYW1pY19lcXVpbGlicml1bQ) yakın olması için soğutma hızının yeterince düşük olduğunu varsayar . Ne yazık ki, *gevşeme süresi* - sıcaklık değişiminin ardından dengenin geri kazanılması için gereken *süre* - enerji işlevinin "topografyasına" ve geçerli sıcaklığa büyük ölçüde bağlıdır. Simüle edilmiş tavlama algoritmasında, gevşeme süresi ayrıca aday jeneratöre çok karmaşık bir şekilde bağlıdır. Tüm bu parametrelerin genellikle [kara kutu işlevleri](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvUHJvY2VkdXJhbF9wYXJhbWV0ZXI) olarak sağlandığını unutmayın.benzetilmiş tavlama algoritmasına. Bu nedenle, ideal soğutma hızı önceden belirlenemez ve her sorun için ampirik olarak ayarlanmalıdır. [Uyarlanabilir benzetilmiş tavlama](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQWRhcHRpdmVfc2ltdWxhdGVkX2FubmVhbGluZw) algoritması, soğutma programını arama sürecine bağlayarak bu sorunu giderir. Termodinamik Simüle Tavlama [[8]](http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU2ltdWxhdGVkX2FubmVhbGluZyNjaXRlX25vdGUtOA)olarak diğer uyarlanabilir yaklaşım, termodinamik yasalarına göre, iki durum arasındaki enerji farkına dayanarak her adımdaki sıcaklığı otomatik olarak ayarlar.