

Descrição do AeroGA

Daniel Kneipp de Sá Vieira

O Algoritmo Genético (GA) chamado de AeroGA foi desenvolvido para otimizar 2 parâmetros que fazem parte da caracterização das asas do aeromodelo (Cl e Cl_{max}) para que este possa decolar com a maior carga paga Cp possível utilizando uma pista de tamanho específica.

Este GA tem uma geração definida pelos seguintes passos na ordem: avaliação dos indivíduos; seleção; cruzamento; mutação; seleção.

Codificação do indivíduo

Cada indivíduo é composto por um cromossomo contendo 3 genes com codificação real representando três características: Cl , Cl_{max} e Cp .

A carga paga também foi utilizada como parâmetro de otimização para permitir que o próprio GA encontre o maior valor de carga paga possível juntamente com o perfil de asa (especificado por Cl e Cl_{max}) que consegue levantar voo antes da pista de decolagem terminar.

Caso contrário seria otimizado apenas o perfil de asa em função de uma carga paga, e esta otimização teria que ser repetida inúmeras vezes até se encontrar o maior valor de carga paga possível que um perfil de asa pode carregar sem exceder o limite da pista de decolagem.

Avaliação

Para avaliar os indivíduos, uma função de custo com um esquema de penalizações foi desenvolvido. O motivo de se utilizar penalizações como artifício para tratamento de restrições é para não se perder soluções de alta qualidade que estejam somente um pouco fora das restrições já que estas podem influenciar o processo evolutivo e colaborar para a descobertas de outras boas soluções, mas que são factíveis.

Foram definidos valores de mínimo e máximo para Cl , Cl_{max} , Cp e distância d que o avião percorreu para poder decolar. Uma distância mínima foi definida para d para forçar o processo evolucionário a encontrar soluções que utilizem boa parte (se não toda) a pista disponível, aumentando a probabilidade de encontrar soluções que suportem maiores valores de carga.

Utilizando como notação k^+ e k^- para representar os limites máximo e mínimo e uma dada variável k , a função de custo é definida como:

$$J(Cl, Cl_{max}, Cp, d) = \begin{cases} 1e15, & \text{se: } d \in \mathbb{C} \vee Cl < 0 \vee Cl_{max} < 0 \vee Cp < 0 \\ c(1 + c_{min} + c_{max}), & \text{caso contrário} \end{cases},$$

$$c = \frac{100d}{Cp^2},$$

$$\begin{aligned} c_{max} &= 100 \max(0, Cl - Cl^+)^2 + \dots \\ &\quad 100 \max(0, Cl_{max} - Cl_{max}^+)^3 + \dots \\ &\quad 10000 \max(0, Cl - d^+)^3, \\ c_{min} &= 100 \max(0, -Cl + Cl^-)^2 + \dots \end{aligned}$$

$$100 \max(0, -Cl_{max} + Cl_{max}^-)^2 + \dots$$

$$1000 \max(0, -Cp + Cp^-)^2 + \dots$$

$$10000 \max(0, -d + d^-)^2$$

Ou seja, caso a solução possua valores negativos ou a distância calculada seja definida por um número complexo, a solução é extremamente penalizada com um valor fixo de $1e15$ com o intuito de desconsiderá-la. Mas caso contrário, a solução é penalizada proporcionalmente ao tanto que ela infringe uma ou mais restrições.

Seleção

Este GA possui duas etapas de seleção, uma da etapa de cruzamento e outra depois da etapa de seleção. As duas utilizam o método do torneio, mas a segunda seleção utiliza o conceito de elitismo, que será descrito posteriormente.

O método chamado de torneio funciona da seguinte forma: alguns indivíduos são selecionados para continuar no processo evolutivo. Especificando um tamanho de torneio k , k indivíduos são selecionados aleatoriamente e o melhor entre eles é escolhido para continuar. As duas seleções usam torneio de tamanho 2.

Um número n de indivíduos que devem ser retornados também é especificado para o método, que determina o número de torneios. A primeira seleção a população retornada possui o mesmo tamanho da de entrada, portanto, alguns indivíduos repetem na população selecionada (já que a escolha dos indivíduos é aleatória) e estes indivíduos repetidos tendem a ser os melhores indivíduos da população de entrada (já que eles ganharam mais de um torneio).

Já a segunda seleção é feita entre o conjunto de filhos e pais e neste caso, a quantidade de indivíduos retornados é igual a quantidade de pais.

O conceito de elitismo utilizado na segunda seleção determina que os i melhores indivíduos são assegurados de participarem da população selecionada, já que no método do torneio não existe nenhuma garantia de que o melhor indivíduo participe da população selecionada (ele pode não ser selecionado para nenhum torneio).

No caso do AeroGA são selecionados os 4 melhores indivíduos e estes não participam do torneio que ocorrerá entre os outros indivíduos.

Cruzamento

O cruzamento é feito utilizando o método conhecido como cruzamento polarizado. Neste método dois filhos são gerados a partir de dois pais. É definido um ponto de corte no cromossomo, os genes dos pais que estão antes do ponto de corte são atribuídos aos filhos da forma que os genes do pai $p1$ vão para o filho $f1$ e os genes do pai $p2$ vão para o filho $f2$.

Para os genes após o ponto de corte, no caso do filho $f2$ recebe a média dos valores dos genes dos pais. Mas no caso do filho $f1$ é feita uma ponderação (polarização) entre os valores dos genes dos pais da forma que o pai com maior *fitness* (menor valor de custo) possui um peso maior que o outro, fazendo com que o melhor pai influencie mais $f1$. Neste GA o pai com menor custo possui uma ponderação de 0.9 enquanto o outro é ponderado por 0.1

No AeroGA a ponderação pode ser feita nos genes anteriores ou posteriores ao ponto de corte, isso é definido aleatoriamente. Assumindo que o melhor pai seja $p1$, segue um exemplo da aplicação da polarização:

$$\begin{aligned} p1 &= [2, 4, 6, 8, 10], & p2 &= [1, 3, 5, 2, 4] \\ f1 &:= [2, 4, 6] \cup 0.9 \times [8, 10] + 0.1 \times [2, 4] = [2, 4, 6, 7.4, 9.4] \\ f2 &:= [1, 3, 5] \cup 0.5 \times [8, 10] + 0.5 \times [2, 4] = [1, 3, 5, 7] \end{aligned}$$

Após os filhos serem criados, somente estes participam da etapa de mutação, Apesar dos pais ainda estarem no processo evolutivo, eles não sofrem mutação, indo direto para a segunda etapa de seleção

Mutação

O AeroGA utiliza a mutação não uniforme aplicada apenas nos filhos gerados na etapa de cruzamento. Neste método a mutação vai ficando mais fraca a medida que se chega nas ultimas gerações do processo evolutivo com o intuito de intensificar a busca local.

Sendo k um gene específico, k_{max} e k_{min} sendo o valor máximo e mínimo, respectivamente, que o gene k pode ter, t a geração atual, t_{max} o limite de gerações, x_k o valor de um gene específico de um indivíduo, a mutação de um gene se dá da seguinte forma:

$$x_k := \begin{cases} x_k + p_k, & \text{se } r'' \leq 0.5 \\ x_k - p_k, & \text{se } r'' > 0.5 \end{cases} \quad r'' \in [0,1],$$

$$p_k = \sigma(k_{max} - k_{min}) \left(1 - r'^{(1-t/t_{max})^\beta}\right), \quad r' \in [0,1]$$

Com $\sigma = 0.3$ e $\beta = 5$, no caso do AeroGA.