

USO DE ALGORITMO GENÉTICO PARA SINTONIA DE PROCESSAMENTO DE IMAGEM

Vitor dos Santos Silva - 3º ano do Ensino Médio Integrado ao Ensino Técnico em Automação Industrial¹

Derek Vieira Silva – 1º ano do Ensino Médio Integrado ao Ensino Técnico em Automação Industrial¹

Guilherme Fortunato Miranda – 1º ano do Ensino Médio Integrado ao Ensino Técnico em Automação Industrial¹

Nicolas Gabriel Bomfim Souza Santos – 1º ano do Ensino Médio Integrado ao Ensino Técnico em Automação Industrial¹

Tutor: Vera Lúcia da Silva¹, Colaboradores: Wagner Roberto Garo Júnior¹, Masamori Kashiwagi¹ e Raphael Antônio de Souza¹, Elton Cardoso do Nascimento²

verals@ifsp.edu.br, wagner.garo@ifsp.edu.br, masamori@ifsp.edu.br, raphael@ifsp.edu.br, e233840@dac.unicamp.br

¹ INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO – IFSP

² UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP
Suzano – SP

Categoria: ARTIGO BÁSICO

Resumo: Muitos problemas no dia-a-dia podem ser resolvidos com a programação e a automação. Porém, alguns problemas necessitam de mais do que sensores analógicos e digitais para que possam ter uma solução mais precisa. Nessa situação, pode-se optar por utilizar técnicas alternativas, como o processamento de imagem. A equipe escolheu essa técnica para resolver um dos desafios propostos pela Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR). O processamento de imagem é embutido em um robô móvel, para que ele seja capaz de capturar as esferas do desafio. Essa técnica, no entanto, normalmente precisa de calibragem, que pode se tornar um processo exaustivo, devido à quantidade de parâmetros e variáveis inclusas. Diferentes condições do ambiente, iluminação, e eficiência do algoritmo também são fatores que podem ter um grande impacto no resultado. Optou-se então por utilizar um algoritmo genético para realizar essa calibragem. Este trabalho descreverá o processo, desde sua teoria, até sua implementação e resultados. Foram utilizados um celular para obtenção de imagens e, um Raspberry Pi para o processamento de imagens e evolução do algoritmo genético. O algoritmo foi escrito na linguagem de programação C++.

Palavras Chaves: Processamento de Imagem, Algoritmo Genético, Raspberry Pi.

Abstract: Many problems on a daily basis may be solved with programming and automation. However, some problems require more than analog and digital sensors to have an accurate solution. In this situation, some may choose alternative techniques, such as Image Processing. The team chose this technique to solve one of the challenges proposed by the Brazilian Olympiad of Robotics (OBR). The image processing is embedded on a mobile robot, for it to be capable of capturing the spheres of the challenge. This technique, though, usually needs calibration, which can become an exhaustive process, due to the number of parameters and variables included. Different environment conditions, lightning and algorithm efficacy also may have a big impact on the result. A genetic algorithm was

then chosen to accomplish this calibration. This paper will describe the process, from its theory, to its implementation and results. A phone was used to acquire the images, and a Raspberry Pi was used for the image processing task and evolution of the genetic algorithm. The algorithm was written with the C++ programming language.

Keywords: Image Processing, Genetic Algorithm, Raspberry Pi.

1 INTRODUÇÃO

O algoritmo genético é uma técnica utilizada em computação para otimização [Massago, 2013]. É baseado no trabalho de Charles Darwin, cuja teoria diz que, a seleção natural “seleciona o organismo mais apto a viver em um determinado ambiente” [Santos, 2019]. Seu funcionamento será abordado com mais detalhes nas próximas seções. A ideia de utilizar um algoritmo genético surgiu quando se percebeu que a calibragem do processamento de imagem estava levando muito tempo, e que os testes que estavam sendo realizados podiam ser facilmente automatizados com um algoritmo de otimização. Durante a pesquisa foram encontrados vários outros algoritmos, porém o algoritmo genético foi o escolhido, pois sua implementação era a mais tangível aos alunos.

O processamento de imagem, por sua vez, consiste em encontrar esferas na imagem, circulando-as e marcando seus centros, para que o robô móvel possa capturá-la. Há situações em que mais de uma esfera está presente na imagem. Nessas situações, o algoritmo deve encontrar apenas a esfera mais próxima. Essa técnica foi escolhida após o grupo enfrentar muitas dificuldades ao utilizar o sensor ultrassônico para tentar resolver esse desafio.

Com as informações adquiridas pelo processamento de imagem, o robô é capaz de se deslocar até a esfera e capturá-la.

O processo de construção do robô utilizado, no entanto, não será abordado nesse artigo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização dessa pesquisa foi utilizado um celular Smartphone para que as imagens pudessem ser obtidas e transmitidas via WiFi. Além disso, foi utilizado um computador Raspberry Pi, para que recebesse as imagens e as processasse. A Figura 1 exibe o robô com o celular encaixado.

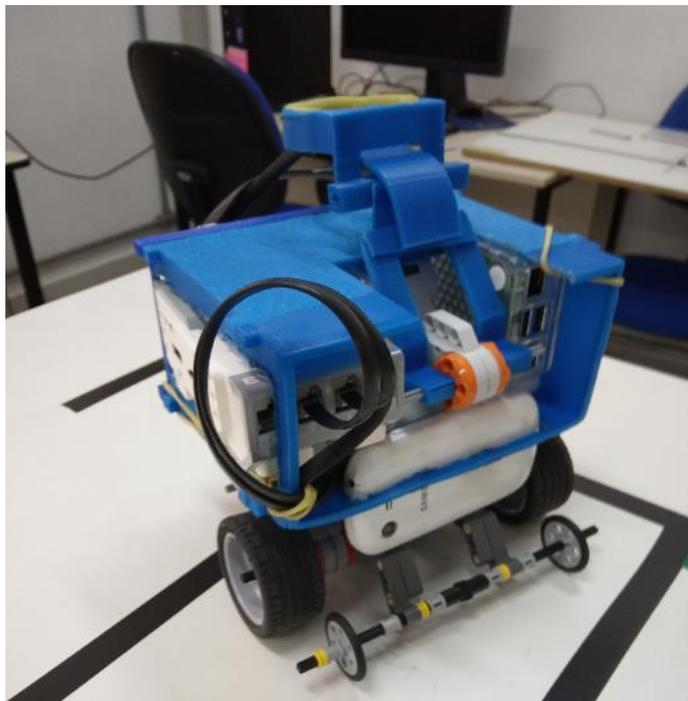


Figura 1 - Robô

A captura das fotos para utilização no algoritmo genético aconteceu no laboratório, levando aproximadamente 3 dias. A evolução do algoritmo genético aconteceu no próprio Raspberry Pi.

3 PROCESSAMENTO DE IMAGEM

Quando o algoritmo de processamento de imagem foi concluído haviam muitos parâmetros que precisavam ser definidos. O grupo tentou definir esses parâmetros manualmente, porém esse processo levou muito tempo e não foram obtidos resultados satisfatórios. Desta forma, decidiu-se utilizar a técnica de sintonização com algoritmo genético.

Para determinar os parâmetros iniciais do algoritmo genético ou os resultados esperados, o grupo tirou muitas fotos que poderiam representar situações reais da localização da esfera no ambiente, como pode-se ver na Figura 2. Essas fotos são utilizadas para demonstrar ao algoritmo genético situações possíveis, e como ele deve proceder em cada situação.



Figura 2 - Situações Planejadas

As fotos registradas incluíam situações da posição das esferas e do ambiente, tais como: em que a esfera preta é a mais próxima, em que a prata é a mais próxima, com variação de iluminações, e até situações em que não há nenhuma esfera, nas quais o algoritmo deve reconhecer que não há esferas.

Tomando como base essas fotos, o grupo indicou manualmente onde o algoritmo deveria localizar as esferas, para que isso orientasse o algoritmo genético. Na Figura 3 há uma demonstração de como foi realizada a indicação.



Figura 3 - Situações indicadas

Ao todo, foram utilizadas 120 fotos, capturadas com o celular acoplado ao robô.

4 ALGORITMO GENÉTICO

Esta seção apresenta as fases utilizadas para implementar o algoritmo genético.

4.1 FASE INICIAL

Após serem definidos os resultados esperados, como visto na seção anterior, iniciou-se a implementação do algoritmo genético. O processo inicia ao definir uma população com vários indivíduos, que possuem parâmetros aleatórios (Miranda, 2005). Um indivíduo nada mais é (nessa aplicação) do que um vetor no qual cada elemento é um parâmetro do algoritmo de processamento de imagem, como intensidade do desfoque no filtro, tamanho máximo de uma esfera, região da imagem na qual é possível encontrar esferas, etc. As fotos tiradas anteriormente

serão usadas para avaliar a performance do algoritmo com a utilização dos parâmetros desses indivíduos.

Uma população é a coletânea de vários desses indivíduos. Espera-se que no começo todos os indivíduos tenham um desempenho ruim, já que seus parâmetros são aleatórios. No entanto, mesmo entre os indivíduos com parâmetros aleatórios, alguns se sobressaem, por possuírem elementos que levaram o algoritmo a um desempenho melhor. Esses indivíduos serão os responsáveis por gerar a próxima geração. Portanto, a performance desses indivíduos precisa ser avaliada

4.2 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Para a avaliação do desempenho de um indivíduo, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Pontos = \sum_{i=1}^{120} (\Delta x_i + \Delta y_i + \Delta r_i) \Delta t_i$$

A Figura 4 ajuda a entender o funcionamento da fórmula:

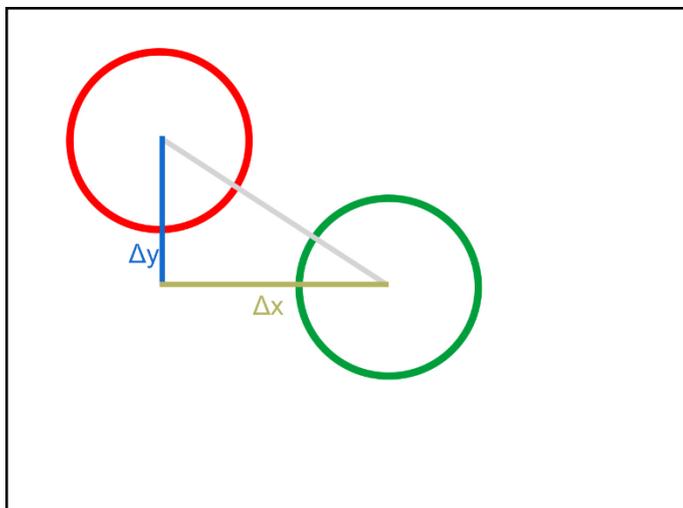


Figura 4 - Ilustração da fórmula

Para obter os pontos do indivíduo para uma imagem, o algoritmo a processa com os parâmetros contidos no indivíduo. O algoritmo então processa a imagem e retorna a esfera que identificou (esfera vermelha), que pode estar distante da esfera que foi definida como a certa pelo grupo (esfera verde), nas fotos tiradas, e no procedimento detalhado na Seção 3. Caso esteja distante, não está certa. O valor de Δx (segmento de reta dourado) é a distância entre o ponto x da esfera certa, com o ponto x da esfera encontrada pelo algoritmo com os parâmetros daquele indivíduo. O mesmo vale para Δy , esse, porém calcula a distância em y das esferas. O elemento Δr é a diferença entre o raio que foi calculado pelo algoritmo, e o raio definido como certo pelo grupo. O tempo levado para processar aquela imagem com os parâmetros daquele indivíduo é o Δt da imagem. Esse elemento foi acrescentado para que também fosse priorizada a velocidade dos parâmetros do indivíduo.

Assim que a pontuação de uma imagem foi calculada, processa-se a próxima com os parâmetros do mesmo indivíduo, até que tenham sido processadas as 120 imagens com os parâmetros daquele indivíduo. Então, a pontuação de cada imagem é somada, gerando a pontuação final do indivíduo.

Conclui-se que os indivíduos com o melhor desempenho são os que obtiverem uma menor quantidade de pontos ao final da geração.

4.3 PRÓXIMA GERAÇÃO

Após calculada a pontuação dos indivíduos, deve-se formar uma nova geração, com indivíduos que herdem características dos melhores indivíduos da geração anterior.

Para gerar um novo indivíduo, realiza-se o seguinte procedimento: escolhe-se 5 indivíduos aleatórios entre os indivíduos da geração anterior, e entre esses 5 separa-se o melhor para ser o que contribuirá à geração do novo indivíduo, que será chamado de indivíduo "A". Em seguida, novamente seleciona-se 5 indivíduos aleatórios, excluindo o indivíduo "A", e escolhe-se o melhor dentre esses 5, que será chamado de indivíduo "B".

Os dois indivíduos selecionados ("A" e "B") serão os que darão origem ao novo indivíduo, "C". Para cada parâmetro do novo vetor "C", escolhe-se, com uma chance de 50% o parâmetro de "A" ou de "B". Desse modo, o novo indivíduo possuirá todos os elementos de seu vetor, provenientes dos vetores dos pais. Para que o algoritmo alcance uma performance melhor, acrescenta-se uma chance de mutação de 5%, em que, caso o novo indivíduo seja selecionado para mutação, um número aleatório é somado ou subtraído em um de seus parâmetros. Repete-se esse procedimento por uma quantidade de vezes igual ao tamanho da geração anterior, para que a quantidade de indivíduos da nova geração seja igual à da anterior. A Figura 5 abaixo ilustra o processo de produção de um novo indivíduo.

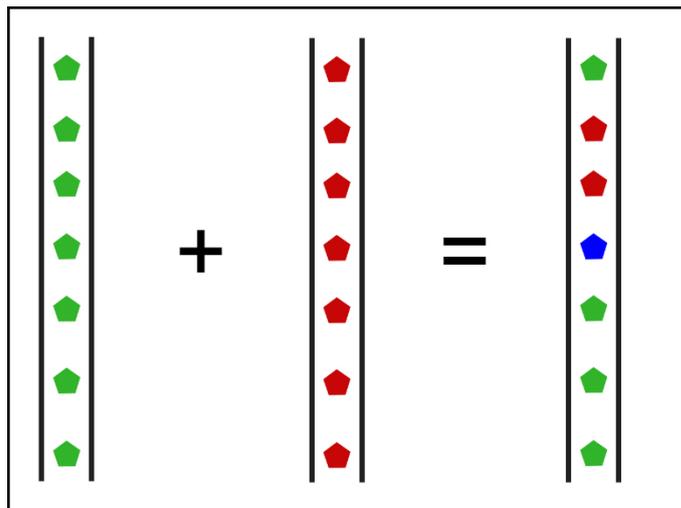


Figura 5 - Novo indivíduo

Pode-se ver ao analisar o indivíduo que é o resultado da operação que ele possui parâmetros do indivíduo "A" (polígonos verdes) e parâmetros do indivíduo "B", além de um elemento que não pertence a nenhum dos dois (polígono azul), e que é fruto de uma mutação.

4.4 PROCESSO DE REFINAMENTO

Os novos indivíduos gerados pelo processo da seção anterior agora devem ter sua performance avaliada. Seus pontos são calculados para todas as imagens novamente, e o processo se repete.

Com repetição desse processo, o algoritmo tende a convergir para um ponto em que todos os indivíduos têm um desempenho parecido, e eventualmente a uma solução satisfatória.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assim que o algoritmo começou a rodar, os resultados eram ruins. O algoritmo apresentava dificuldade em identificar as esferas, porém ele rodou por 87 gerações. A primeira geração levou aproximadamente 1098 segundos para ser concluída. Já a última levou aproximadamente 538 segundos, o que mostra o contraste entre os dois tempos, e a quantidade pela qual o tempo foi reduzido, mostrando que a última geração foi muito mais eficiente.

As Figuras 6 e 7 apresentam algumas fotos de como ficou o algoritmo de processamento de imagem com os parâmetros escolhidos pelo algoritmo genético.



Figura 6 - Esfera preta encontrada



Figura 7 - Esfera prata encontrada

No entanto, o algoritmo não foi perfeito. Houve situações nas quais o algoritmo se perdeu, como exibe a Figura 8.

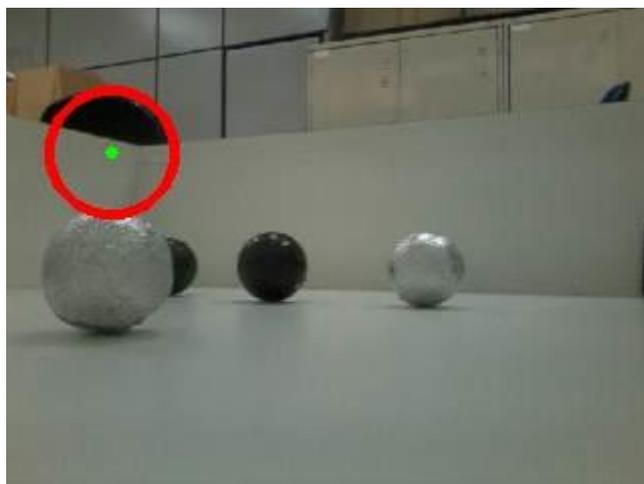


Figura 8 - Detecção errada

Porém houve um desempenho razoável na maior parte das imagens.

6 CONCLUSÕES

Com esse trabalho pôde-se concluir que o algoritmo genético é uma técnica que pode ser utilizada para se obter resultados no mínimo razoáveis para problemas como a sintonia de processamento de imagem.

Os resultados obtidos para o problema descrito foram razoáveis, embora houvessem ainda algumas situações nas quais o algoritmo localizava esferas onde não haviam. No entanto, os resultados foram satisfatórios o suficiente para que, apesar das eventuais falhas, o grupo decidisse inserir o processamento de imagem definitivamente no robô móvel.

Se o algoritmo rodasse por algumas gerações a mais, talvez o resultado obtido fosse ainda melhor. As diferentes condições de iluminação e do laboratório contribuíram para uma maior diversidade nas fotos, mas talvez ainda mais diversidade gerasse um impacto positivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Massago, Sadao. Introdução ao Algoritmo Genético, UFSCAR. 2013. Disponível em: <<https://www.dm.ufscar.br/profs/sadao/download/?file=article/algoritmos-geneticos.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2019.
- Santos, Vanessa Sardinha dos. O que é seleção natural?, Brasil Escola. 2019. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-selecao-natural.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2019.
- Miranda, Márcio N. de. Algoritmos Genéticos: Fundamentos e Aplicações; UFRJ. 2005. Disponível em: <<http://www.nce.ufrj.br/GINAPE/VIDA/alggenet.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

Observação: O material multimídia deste trabalho encontra-se disponível em: www.mnr.org.br/mostravirtual.