

OTIMIZAÇÃO SEM DERIVADAS APLICADA A UM RASTREADOR SOLAR

NOME DOS AUTORES

Matheus de Sousa Rodrigues (PIBIC-CNPq-FA-UEM),
Prof. Dr. Francisco Nogueira Calmon Sobral (Orientador),
Prof. Dr. Emerson Vitor Castelani (Coorientador).
E-mail: fncsobral@uem.br

AFILIAÇÃO DOS AUTORES

Departamento de Matemática, Universidade Estadual de Maringá

ÁREA E SUBÁREA

Grande Área: 10000003 - Ciências Exatas e da Terra

Área: 10100008 - Matemática

Subárea: 10104003 - Matemática Aplicada

PALAVRAS-CHAVE: Arduino, Rastreador Solar para Sistemas Fotovoltaicos, Otimização sem Derivadas.

RESUMO

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um algoritmo, baseando-se na otimização simples, empregado na automação de um seguidor solar de dois eixos, controlado pelo microcontrolador de código aberto Arduino, cuja intenção é maximizar a quantidade de energia gerada. Tal algoritmo foi modelado como um problema de otimização sem derivadas baseado no método de *Busca Coordenada* e também modelado pelo método do *Posicionamento Solar* para obter o melhor ângulo de incidência da estrela central (Sol), ou seja, fazendo as placas fotovoltaicas sempre estarem na melhor posição com relação ao Sol. Embora o objetivo seja resolver um problema específico, também há interesse no estudo do comportamento de um algoritmo de otimização em um microcontrolador de baixo custo.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a maioria das aplicações da energia fotovoltaica é feita através de painéis fotovoltaicos fixos, os quais possuem uma perda significativa à medida que os raios solares mudam o ângulo de incidência, com o passar do dia, ou mesmo com a mudança das estações do ano. É sabido que a melhor conversão de energia se dá quando existe uma perpendicularidade dos raios solares com a superfície do painel solar. Por tanto, este projeto vem para maximizar a quantidade de energia gerada mantendo a placa sempre virada para o Sol. A solução do problema foi baseada no código de otimização sem derivadas, utilizando o método de busca coordenada presente em (SOBRAL;2012).

Além disso, não se conhece uma implementação de tais algoritmos em sistemas embarcados. O protótipo de um rastreador solar de 2 eixos baseado no

microcontrolador Arduino, será construído por um outro projeto. Independentemente do sucesso da construção do protótipo, os algoritmos produzidos pelo presente projeto podem ser implementados em um microcontrolador simples.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo de desenvolver um algoritmo de otimização sem derivadas simples, visando buscar a solução de movimentar um sistema fotovoltaico de forma a maximizar a quantidade de energia capturada, realizou-se um estudo que fora dividido em duas fases.

A primeira delas, consistiu no estudo do problema a ser resolvido e todas as suas propriedades teóricas. Estudou-se o algoritmo Busca Coordenada apresentado em (SOBRAL;2012); elaborou-se um código na linguagem Julia baseado no algoritmo Busca Coordenada para a minimização de funções do $\mathbb{R}^n$; e testou-se o algoritmo elaborado nas funções: Função de Ackley; Função de Himmelblau; Função de Matyas; Função de Levy; e Função de Booth. Por fim as teorias sobre o posicionamento solar através das coordenadas celestes, baseando-se nesse posicionamento foi implementado um algoritmo capaz de seguir o Sol.

A segunda fase, foi composta pela modelagem do algoritmo para as placas solares como um problema de otimização sem derivadas. Tal algoritmo foi modelado pelo método da busca coordenada, e baseado no posicionamento solar, para fazer as comparações pertinentes ao método apresentado. Por fim, foi implementado dois algoritmos no ambiente do Arduino.

No processo de desenvolvimento dos algoritmos buscou-se utilizar das técnicas estabelecida pela linguagem C, pois no ambiente do Arduino a linguagem é semelhante. Como o ambiente de programação é simples e intuitivo, foram encontrados poucos problemas na hora da implementação do algoritmo. As dificuldades encontradas nesta etapa, foram relativas à leitura dos dados das placas solares, pois em algumas ocasiões os valores divergiam quanto ao esperado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora tenham sido realizados muitos estudos sobre a otimização, em particular sobre a otimização sem derivadas, o principal objetivo do projeto é a implementação do algoritmo citado em Materiais e Métodos.

Primeiramente, foi criado um algoritmo utilizando a linguagem Julia, para analisar e compreender todos os aspectos teóricos e as características a serem implementadas. Por esse motivo, foram feitos alguns testes para o funcionamento do algoritmo, o qual consistiu em achar os mínimos das funções: Função de Ackley; Função de Himmelblau; Função de Matyas; Função de Levy; e Função de Booth.

Para a realização dos testes tomou-se cuidado de aplicar a função *Sleep ()*, objetivando aumentar o tempo de execução do código, simulando assim o tempo real de execução, considerando que na prática haveria o tempo de movimentação da placa. Vale ressaltar a função *sleep ()* consiste em bloquear a função por determinado tempo, e no caso do teste em questão foi utilizado o tempo 0.1 segundos.

A tabela 1 apresenta os mínimos globais obtidos cada função aplicada e o ponto inicial escolhido aleatoriamente para cada uma dentro do domínio. Como pode

ser observado, o algoritmo foi satisfatório, pois todos convergiram para os pontos próximos dos minimizadores globais com um número baixo de iterações. Apenas a função de Matyas convergiu de forma mais lenta, e precisou de um maior número de iterações para chegar na solução ótima.

Tabela 1: Dados obtidos utilizando Busca Coordenada

Resultas das Funções Teste	Resultados			
	Min. Global	Pto. Inicial	Pto. De Convergências X_k	k
Ackley	$f(0,0) = 0$	$[-2.343, 2.346]$	$[6.1340e-6, -6.7138e-7]$	3
Himmelblau	$f(-2.805118, 3.131312) = 0$	$[-4.657, 3.545]$	$[-2.805117, 3.131334]$	2
Matyas	$f(0,0) = 0$	$[-5.345, 2.987]$	$[-3.6926e-6, -4.1473e-6]$	3
Levy	$f(1,1) = 0$	$[-3.584, 5.848]$	$[1.000007, 0.999996]$	8
Booth	$f(1,3) = 0$	$[-5.813, 6.789]$	$[0.9999999, 3.000000]$	4

Com o intuito de observar a movimentação do sol, foi implementado um algoritmo baseado nas teorias de posicionamento solar e modelado pelas coordenadas Celestes. Através dele foi possível fazer os cálculos necessários para determinar as coordenadas das estrelas (Como, por exemplo, o Sol). Note que, sempre devemos considerar alguns parâmetros, sendo eles: A localização do observador, ou seja, a sua latitude e longitude em relação a Terra; o fuso horário em relação ao meridiano de Greenwich; o dia do ano em que a observação do Sol está sendo feita, ou seja, o número de dias que se passaram desde o primeiro dia do ano até a data da observação, pois no decorrer do ano o sol se movimenta de maneiras diferentes; e por fim, a hora em que está se observando. Tendo esses dados podemos definir a hora local solar (LST – Local Solar Time) do observador, e assim fazer os respectivos cálculos, para então determinar a localização do Astro.

Visando determinar o funcionamento do algoritmo, foram feitos alguns testes para determinar a localização do Sol. Os resultados foram satisfatórios. Por exemplo, no dia 28/02/2020 o Sol estava na posição 35.718929° em referência ao zênite e 71.613098° em referência ao azimute.

CONCLUSÕES

Diante de todos os fatos e dados expostos, conclui-se que o algoritmo baseado no método de Busca Coordenada é muito promissor para os sistemas embarcados, em particular neste projeto visando a movimentação de um sistema de placas solares. Isso pode ser dito, pois tal algoritmo tem uma simples estratégia para a otimização e dispensa o uso de técnicas de rastreamento baseada nas equações de posicionamento solar, como as estudadas neste projeto.

Dito isso, é importante pontuar também que, apesar de as teorias que circundam a aplicação em questão, a construção das placas solares e integração com o Arduino sofreram contratempos não previstos e, por conta disso, o algoritmo

ainda não foi testado em um sistema embarcado. Porém, os contratempos já foram resolvidos, o algoritmo já está implementado e espera-se concluir os experimentos em breve.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço e principalmente à Eloiza, pela companhia, apoio, orientação, paciência e por não desistir, sou grato por tudo. Agradeço à minha Família, meu suporte em toda a vida. Pai, Mãe, sou profundamente grato a vocês.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Nogueira Calmon Sobral, e coorientador, Prof. Dr. Emerson Vitor Castelani, agradeço pela orientação, por todas as oportunidades e pela confiança. Agradeço por fim, ao Programa Projeto de Iniciação Científica – PIBIC/CNPQ - FA - UEM - 2989/2019, pela oportunidade.

REFERÊNCIAS

SOBRAL, F. N. C. **Otimização Sem Derivadas em Conjuntos Magros**. 2012. 173 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.