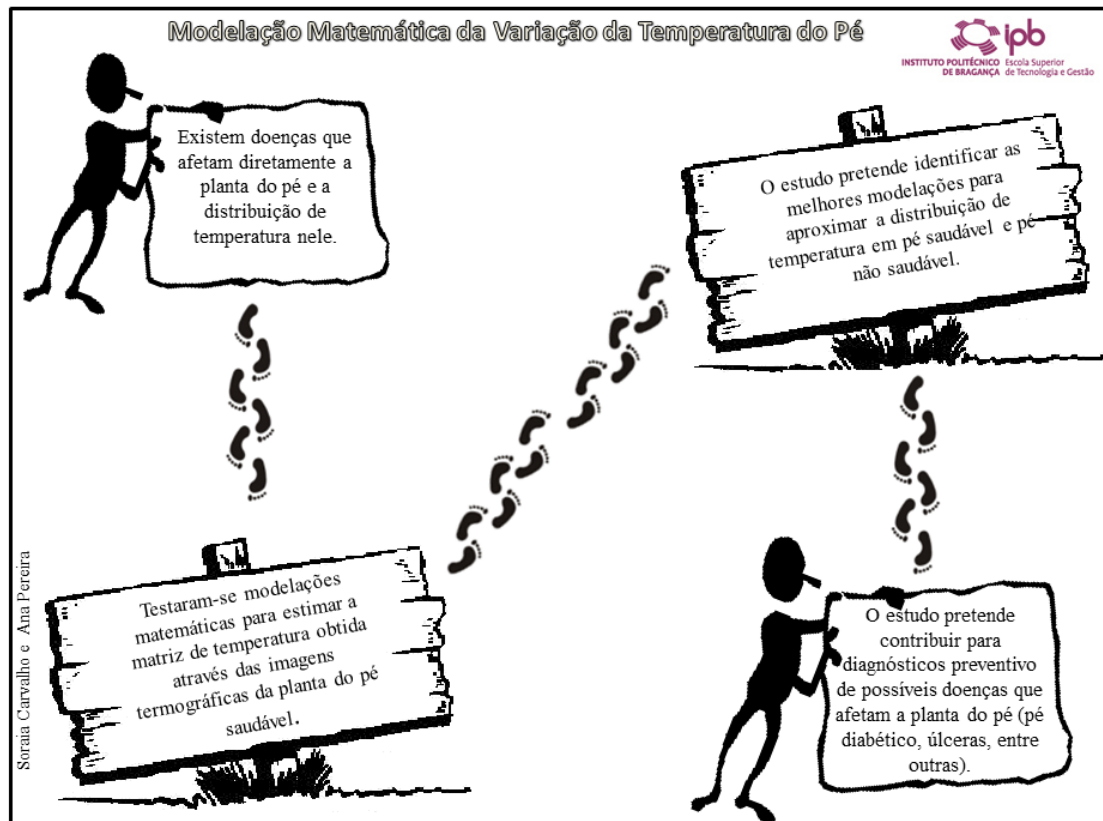


Modelação Matemática da Variação da Temperatura do Pé

Soraia Carvalho *, Ana I. Pereira†

* Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
solcarvalho90@hotmail.com

† Instituto Politécnico de Bragança e Centro ALGORITMI, Universidade do Minho, Portugal
apereira@ipb.pt



Descrição do problema

Existem doenças que afetam diretamente a planta do pé, podendo ser um fator de elevada importância na qualidade de vida do indivíduo. Sabe-se que a presença de uma dada doença na planta do pé poderá afetar a normal distribuição da temperatura na planta do pé. Este estudo pretende identificar as principais características da distribuição da temperatura na planta de pés saudáveis. Com esse objetivo, foram testadas quatro modelações matemáticas para estimar a matriz de temperatura obtida através de diversas imagens termográficas da planta do pé saudável de diversos indivíduos. Os problemas a resolver pertencem à classe de problemas de otimização não linear com restrições.

Relevância do problema

Este estudo pretende contribuir para diagnósticos alternativos de forma a prevenir possíveis doenças que afetam a planta do pé, em particular, as doenças do pé diabético, úlceras, entre outras. Sabe-se que diferentes patologias na planta do pé, mesmo que não sejam visíveis a olho nu, provocam diferentes variações de temperatura na planta do pé. Assim, pretende-se identificar as variações da distribuição da temperatura nos indivíduos e classificá-las de forma a identificar se o indivíduo possui, ou não, uma possível patologia, mesmo que esta não seja visível a olho nu. A identificação precoce de uma dada doença

na planta do pé, permite a aplicação eficaz de um dado tratamento no início da doença, aumentando assim a probabilidade de eliminação da doença.

Metodologia

Neste trabalho é necessário resolver um problema de otimização não linear com restrições. Foram usados diversos métodos da otimização local e da otimização global. Relativamente à otimização local, foram utilizados os métodos de penalidade, com as funções de penalidade l_1 e l_2 e combinado com o método *Nelder-Mead*; o método de programação quadrática sequencial e ainda o método *pattern search*. Relativamente à otimização global foi usado o método do algoritmo genético e ainda uma variante deste método com procura local. Cada problema foi resolvido 10 vezes, considerando pontos aleatórios como pontos iniciais.

Resultados

Como principal resultado deste trabalho foram identificados modelos matemáticos que melhor aproximam a distribuição de temperatura na planta do pé. Todos os métodos apresentados foram implementados em *matlab*. Em todas as experiências efetuadas, o ponto inicial é definido aleatoriamente e o problema foi resolvido 10 vezes, para cada região de cada imagem termográfica.

A tabela seguinte apresenta os resultados numéricos obtidos pelos métodos de otimização local e global, nomeadamente o método de penalidade l_1 (PL₁+NM), o método de penalidade quadrática l_2 (PL₂+NM), o método de programação quadrática sequencial (SQP), o método de *pattern search* (PS), o método do algoritmo genético sem procura local (GA) e o método do algoritmo genético híbrido com procura local (HGA). Assim, a Tabela 1 demonstra a média das melhores aproximações à solução das seis imagens da planta do pé, tendo em conta as seis regiões dos pés e os quatro modelos matemáticos em estudo.

Tabela 1: Média das melhores aproximações do pé saudável para métodos locais e global.

Região	Função	Métodos Locais				Método Global	
		PL ₁ +NM	PL ₂ +NM	SQP	PS	GA	HGA
R ₁	f_1	6.1E+2	6.2E+2	1.2E+3	6.4E+2	1.5E+3	6.8E+2
	f_2	1.4E+2	1.4E+2	4.9E+2	6.3E+2	4.7E+3	1.5E+2
	f_3	1.4E+2	1.4E+2	2.3E+2	1.4E+3	4.7E+3	2.7E+2
	f_4	4.5E+2	4.5E+2	1.3E+3	7.0E+2	1.4E+3	9.9E+2
R ₂	f_1	5.6E+2	5.7E+2	1.4E+3	5.2E+2	1.6E+3	5.5E+2
	f_2	1.3E+2	1.3E+2	3.1E+2	1.1E+3	5.0E+3	1.3E+2
	f_3	1.4E+2	1.4E+2	3.0E+2	8.2E+2	4.8E+3	2.0E+2
	f_4	4.2E+2	4.4E+2	1.1E+3	8.7E+2	1.4E+3	1.3E+3
R ₃	f_1	4.8E+2	4.8E+2	1.1E+3	4.6E+2	1.2E+3	5.7E+2
	f_2	1.2E+2	1.3E+2	4.9E+2	8.0E+2	4.3E+3	1.3E+2
	f_3	1.3E+2	1.3E+2	3.6E+2	9.4E+2	4.5E+3	2.2E+2
	f_4	4.6E+2	4.4E+2	1.6E+3	7.0E+2	1.5E+3	7.4E+2
R ₄	f_1	4.5E+2	5.1E+2	1.3E+3	4.0E+2	1.3E+3	5.3E+2
	f_2	1.2E+2	1.2E+2	2.0E+2	8.2E+2	3.9E+3	1.3E+2
	f_3	1.3E+2	1.3E+2	2.2E+2	5.7E+2	4.5E+3	2.4E+2
	f_4	4.6E+2	4.2E+2	7.4E+2	6.2E+2	1.4E+3	1.2E+3
R ₅	f_1	3.8E+2	4.2E+2	2.5E+3	4.1E+2	1.2E+3	5.3E+2
	f_2	1.2E+2	1.1E+2	4.9E+2	1.2E+2	8.4E+3	1.2E+2
	f_3	1.2E+2	1.2E+2	3.1E+2	9.1E+2	4.6E+3	1.6E+2
	f_4	4.4E+2	4.4E+2	1.4E+3	8.5E+2	1.0E+3	1.0E+3
R ₆	f_1	4.5E+2	4.1E+2	1.1E+3	3.4E+2	1.0E+3	4.9E+2
	f_2	1.0E+2	1.0E+2	1.9E+2	8.2E+2	4.3E+3	1.1E+2
	f_3	1.1E+2	1.2E+2	3.6E+2	9.1E+2	4.0E+3	2.3E+2
	f_4	4.1E+2	4.3E+2	1.2E+3	8.5E+2	1.2E+3	9.9E+2

Analisando os resultados numéricos obtidos pelos métodos de otimização local e global, pode-se afirmar que o modelo f_2 foi aquele que obteve melhores aproximações.