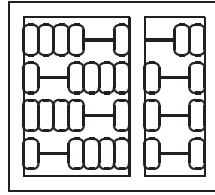


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO



SÃO TOTALMENTE VÁLIDAS ALGUMAS DAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A CORRELAÇÃO DE PEARSON PRESENTES NA LITERATURA?

Relatório do primeiro laboratório de MC920

Aluno: Carlos Eduardo Machado **RA:** 059582

Aluno: Tiago Chedraoui Silva **RA:** 082941

Aluno: William Marques Dias **RA:** 065106

Resumo

O coeficiente de correlação de Pearson é amplamente usado para comparar imagens, contudo ele apresenta sérias limitações. Esse trabalho consistiu na validação da análise realizada no Artigo "The Ineffectiveness of the Correlation Coefficient for Image Comparisons".

Sumário

1	Introdução	1
2	Métodos	1
3	Comparação de imagens	2
3.1	Figuras do artigo	2
3.2	Sobreposição de imagem	3
3.3	Remoção de objeto	4
3.4	Deteccção de movimento	5
3.4.1	Abertura de uma porta	5
3.4.2	Passagem de uma pessoa	6
3.5	Fator Luminosidade	8
4	Resultados	9
5	Conclusão	10

1 Introdução

O coeficiente de correlação de Pearson é amplamente utilizado na análise estatística, reconhecimento de padrões e processamento de imagens. Na área de processamento de imagens ele é utilizado na comparação de duas imagens para fins de registro de imagens, reconhecimento de objetos, e medição de disparidade. Para imagens digitais monocromáticas, a correlação de Pearson é definido como :

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}} \quad (1)$$

Onde x_i é a intensidade dos pixels na imagem 1, y_i é a intensidade dos pixels na imagem 2, \bar{x} é a intensidade média da imagem 1 e \bar{y} é a intensidade média da imagem 2.

O coeficiente tem valor $r = 1$ se as duas imagens são absolutamente idênticas, $r = 0$ se são totalmente não correlacionadas e $r = -1$ se elas são totalmente anti-correlacionadas, por exemplo se uma imagem é o negativo da outra.

O coeficiente de Pearson pode ser utilizado em aplicações de segurança, como, por exemplo, vigilância. Normalmente, o coeficiente de relação é usado para comparar duas imagens do mesmo objeto ou cena durante vários momentos diferentes.

Não obstante à sua utilização, o coeficiente de correlação possui diversas limitações, sendo considerado ineficaz em alguns papers.

Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar, através de exemplos, o desempenho do coeficiente para comparações de imagens, especialmente em aplicações de segurança e, posteriormente, compará-las às considerações existentes na literatura.

2 Métodos

Desenvolveu-se em python um programa de análise de imagens baseada no coeficiente de correlação de Pearson. Dado duas imagens para analisar duas imagens, sendo a imagem original dada por x e a imagem modificada por y na equação (1), retorna-se o valor de r .

Inicialmente, para a análise do coeficiente, utilizou-se algumas imagens previamente analisadas no artigo “The Ineffectiveness of the Correlation Coefficient for Image Comparisons” através do qual pretendíamos confirmar os resultados obtidos.

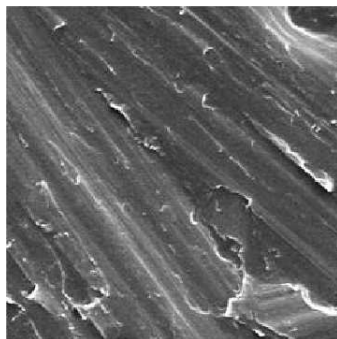
Posteriormente, procurou-se alterar outra imagem com a sobreposição de outra imagem. Alterou-se algumas características da imagem sobreposta, como por exemplo, a posição, a opacidade, para analisar os efeitos no cálculo do coeficiente produzidos por tais modificações.

3 Comparação de imagens

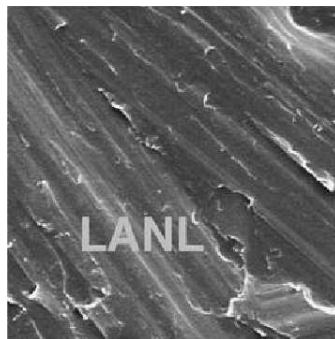
Para a comparação de imagens através do coeficiente, foram realizados diferentes testes . As seções a seguir apresentam as variações dos testes: utilização das mesmas figuras do artigo “The Ineffectiveness of the Correlation Coefficient for Image Comparisons”, sobreposição de imagem , remoção de objetos, detecção de movimentos e alteração de luminosidade.

3.1 Figuras do artigo

Utilizando as figuras 1a e 1b usados no artigo “The Ineffectiveness of the Correlation Coefficient for Image Comparisons”, na qual há uma simples sobreposição de uma palavra sobre a imagem, obtemos um valor de r de aproximadamente 0.89, enquanto no artigo o valor de r obtido vale 0.94.



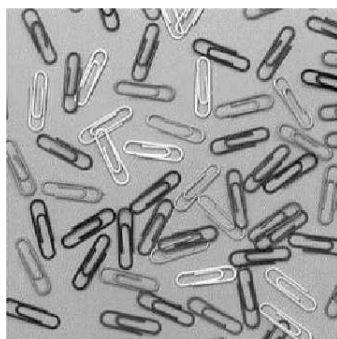
(a) Imagem original



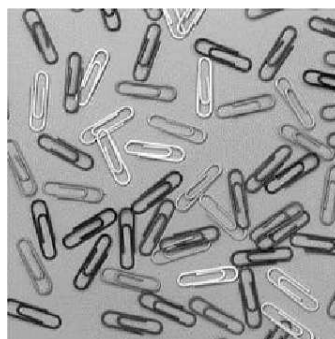
(b) Sobreposição de uma palavra sobre a imagem

Figura 1: Comparação entre uma imagem original e outra com sobreposição de palavra

Para as imagens 2a e 2b, na qual retira-se um clipe da imagem original, obteve-se um valor de $r \approx 0.90$ enquanto no artigo $r \approx 0.98$.



(a) Original



(b) Remoção de um clipe na imagem original

Figura 2: Comparação entre imagem com um objeto e outra sem esse objeto

3.2 Sobreposição de imagem

Para a imagem original 3.2, houve uma sobreposição da palavra "CWT" na imagem 4a e na imagem 4b, porém em posição diferente. Obteve-se para a imagem 4a um valor de $r \approx 0.99$ se comparado à original e para a imagem 4b um valor de $r \approx 0.98$.

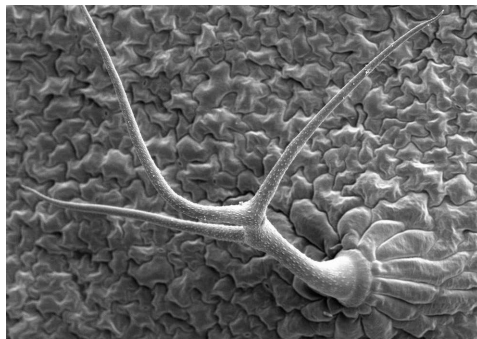
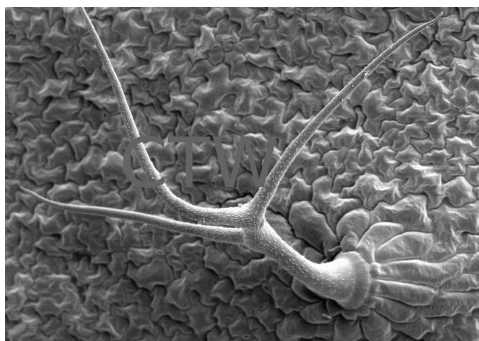
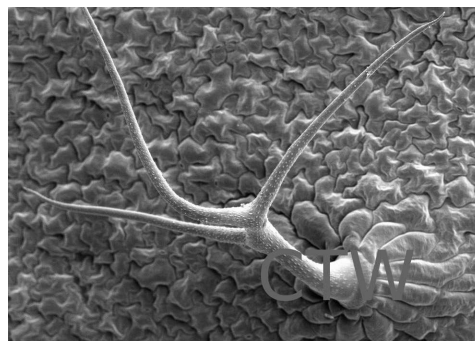


Figura 3: Figura original a ser comparada



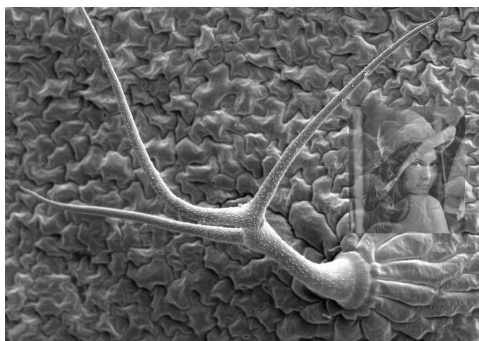
(a) Sobreposição da palavra CTW na figura original



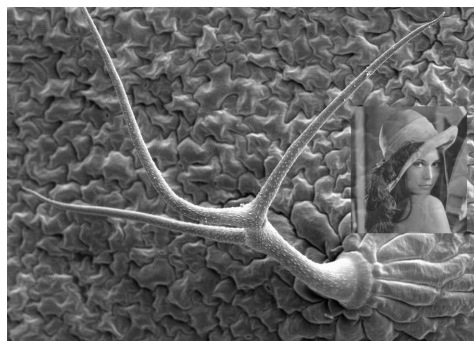
(b) Alteração da posição da palavra CTW

Figura 4: Comparação entre a foto original e duas fotos compostas pela sobreposição de uma palavra à imagem original

Para a imagem original 3.2, a imagem de Lena foi sobreposta nas imagens 5a e 5b, sendo a primeira mais transparente. Se comparado à imagem original as imagens 5a e 5b apresentam, respectivamente, $r \approx 0.93$ e $r \approx 0.90$.



(a) Sobreposição da foto de Lena com grau de transparência maior



(b) Sobreposição da foto de Lena com grau de transparência menor

Figura 5: Comparação entre a imagem original e duas imagens compostas pela sobreposição de uma outra imagem à imagem original

3.3 Remoção de objeto

Para a análise da remoção de um objeto da imagem, utilizou-se uma sequência de imagens fotografadas a cada 10s durante as quais é retirada um livro de um estante de livro. A figura 7a é muito semelhante à imagem original, nas figuras posteriores fez-se o movimento para a retirada do livro da imagem, que é concluída na imagem 8b. Os valores de r podem ser vistos na tabela I.

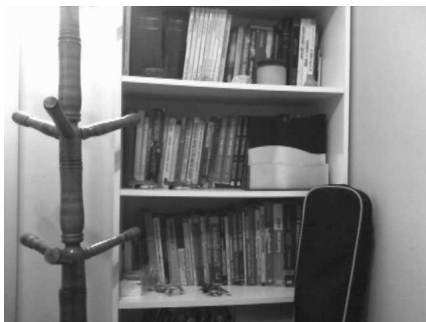


Figura 6: Remoção de item: figura original a ser comparada



(a) Imagem em t=0s



(b) Imagem em t=10s

Figura 7: Comparação entre a imagem original: tempo até 10 segundos



(a) Imagem em t=20s



(b) Livro retirado: t=30s

Figura 8: Comparação entre a imagem original: tempo até 30s

Tabela I: Valor do coeficiente de Pearson para as várias imagens de remoção de um livro da estante

Figura original	Figura modificada	r
6	7a	0.999600
6	7b	0.917454
6	8a	0.952869
6	8b	0.983264

3.4 Detecção de movimento

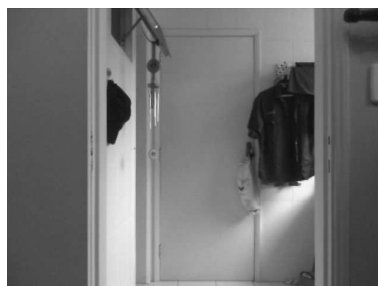
As comparações a seguir foram feitas para analisar a movimentação de uma cena, como, por exemplo, em câmeras de vigilância. Ou seja, foi realizada uma comparação entre uma sequência de imagens.

3.4.1 Abertura de uma porta

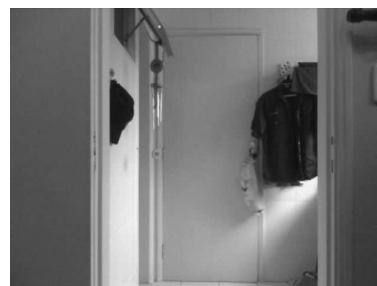
As imagens abaixo são uma sequência de imagens da abertura de uma porta.



Figura 9: Remoção de item: figura original a ser comparada

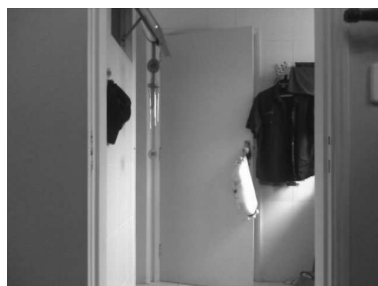


(a) Imagem em $t=0s$

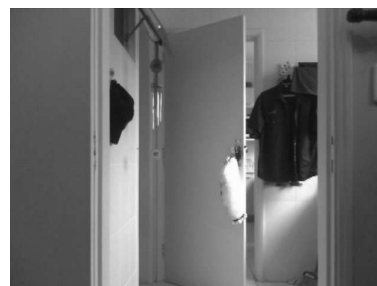


(b) Imagem em $t=10s$

Figura 10: Comparação entre a imagem original: tempos 0s e 10 s



(a) Imagem em $t=20s$



(b) Livro retirado: $t=30s$

Figura 11: Comparação entre a imagem original: tempos 20s e 30s



(a) Imagem em t=40s



(b) Imagem em t=50s

Figura 12: Comparação entre a imagem original: tempos 40s e 50s

Tabela II: Valor do coeficiente de Pearson para sequência de imagens de abertura de um porta

Figura original	Figura modificada	r
10	10a	0.996326
10	10b	0.995717
10	11a	0.952222
10	11b	0.862955
10	12a	0.798436
10	12b	0.818334

3.4.2 Passagem de uma pessoa

Para um outro teste dinâmico, obteve-se as sequências de imagens da passagem de uma pessoa.



Figura 13: Remoção de item: figura original a ser comparada



(a) Imagem em $t=0s$



(b) Imagem em $t=10s$

Figura 14: Comparação entre a imagem original: tempos 0s e 10 s



(a) Imagem em $t=20s$



(b) Livro retirado: $t=30s$

Figura 15: Comparação entre a imagem original: tempos 20s e 30s

Tabela III: Valor do coeficiente de Pearson para sequência de imagens da passagem de uma pessoa

Figura original	Figura modificada	r
13	14a	0.999314
13	14b	0.972234
13	15a	0.971343
13	15b	0.986933

3.5 Fator Luminosidade

Para um outro teste dinâmico, obteve-se as sequências de imagens para a iluminação do local.

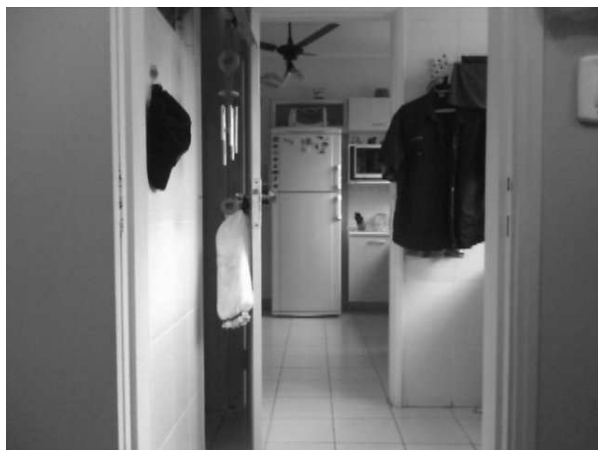


Figura 16: Remoção de item: figura original a ser comparada



(a) Imagem em $t=0s$



(b) Imagem em $t=10s$

Figura 17: Comparação entre a imagem original: tempos 0s e 10 s



(a) Imagem em $t=20s$



(b) Livro retirado: $t=30s$

Figura 18: Comparação entre a imagem original: tempos 20s e 30s

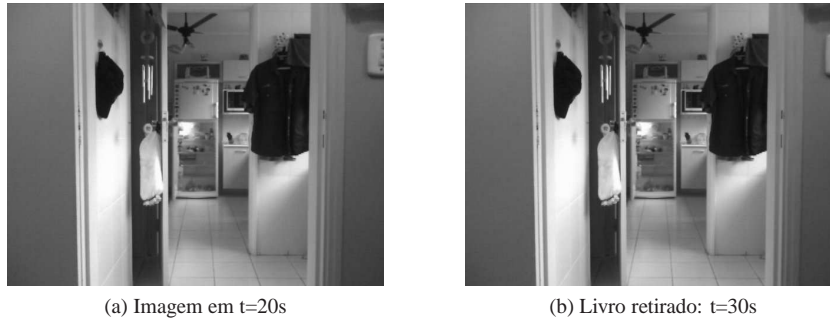


Figura 19: Comparação entre a imagem original: tempos 20s e 30s

Tabela IV: Valor do coeficiente de Pearson para sequência de imagens de iluminação do local

Figura original	Figura modificada	r
16	17a	0.996326
16	17b	0.995717
16	18a	0.952222
16	18b	0.862955
16	19a	0.798435
16	19b	0.818334

4 Resultados

Agrupando os resultados na tabela 4 percebe-se que o coeficiente de correlação de Pearson é realmente ineficaz, já que a comparação cujo coeficiente foi o menor é próximo a $r = 0.8$ referente aos testes de iluminação no qual abriu-se a geladeira, e no teste de abertura de uma porta.

A sobreposição de imagens pouco modificou o valor do coeficiente, sendo que a sobreposição de um texto é literalmente imperceptível enquanto a sobreposição de uma imagem só começa a ser perceptível se sua transparência é mínima. Mesmo assim a alteração do coeficiente não passa de 10%.

A remoção de um objeto da figura, em nosso caso a remoção de um livro na prateleira só teve uma variação próxima a 8% no momento em que o braço de uma pessoa apareceu na imagem. Contudo, quando somente o livro sumiu o valor de r é próximo a 98% o que implica na não percepção de uma mudança simples.

Na seção de detecção de movimento, a passagem de uma pessoa também apresenta baixa mudança no valor do coeficiente ($r = 0,97$), apenas mudanças bruscas de mudança no ambiente como a abertura de uma porta causaram impacto maior no valor do coeficiente.

Por fim a iluminação do ambiente, provocou mudanças diferentes a cada tempo. Ao ligar a luz do local, as diferenças entre os valores dos coeficientes em imagens em sequência chegou a $\Delta r = 0.05$. Já a abertura de uma geladeira além de iluminar altera uma grande área da figura, assim o valor de r aproxima-se de $r \approx 0.8$

Tabela V: Valor do coeficiente de Pearson para todos as comparações

Figura original	Figura modificada	r
1a	1b	0.887291
2a	2b	0.907154
3.2	4a	0.994465
3.2	4b	0.985331
3.2	5a	0.936883
3.2	5b	0.905874
6	7a	0.999600
6	7b	0.917454
6	8a	0.952869
6	8b	0.983264
10	10a	0.996326
10	10b	0.995717
10	11a	0.952222
10	11b	0.862955
10	12a	0.798436
10	12b	0.818334
13	14a	0.999314
13	14b	0.972234
13	15a	0.971343
13	15b	0.986933
16	17a	0.996326
16	17b	0.995717
16	18a	0.952222
16	18b	0.862955
16	19a	0.798435
16	19b	0.818334

5 Conclusão

Utilizamos o coeficiente de correlação de Pearson como método de comparação de imagens. Foram feitas diversas comparações de forma a obter-se uma gama de resultados suficientes para a análise do coeficiente.

O coeficiente de correlação de Pearson, assim como em outras avaliações na literatura, demonstrou-se inefetivo. Portanto, os resultados corroboram com o artigo de Eugene K. Yen e Roger G. Johnston.

Referências

- [1] Eugene K. Yen e Roger G. Johnston *The Ineffectiveness of the Correlation Coefficient for Image Comparisons*. Disponível em <http://www.ic.unicamp.br/neucimar/cursos/MO443/2011-s01/tp1/artigo1.pdf>, [Último acesso: 16/03/2011].