

Adaptação da Cor da Tipografia em Páginas Web para Pessoas com Deficit na Visão da Cor

Madalena Ribeiro¹; Abel Gomes²

mribeiro@ipcb.pt; agomes@di.ubi.pt

¹ Escola Superior de Artes Aplicadas, IPCB;

² Departamento de Informática, Faculdade de Engenharia, UBI

Resumo

A legibilidade do texto é fundamental à sua leitura, sendo para isso determinante o contraste entre as cores usadas para a tipografia e para o fundo. Ainda que a escolha das cores seja adequada, o contraste pode ser insuficiente quando a tipografia é observada por pessoas com deficit na visão da cor, comprometendo assim a legibilidade.

Sendo que é significativa a taxa de incidência do deficit na visão da cor, correntemente conhecido por daltonismo, assim como o índice de utilização da web pela população em geral, onde é frequente a existência de blocos de texto - com recurso à cor para tipografia e para o fundo-, são frequentes as situações em que se torna difícil uma leitura adequada, limitando o acesso à mensagem escrita.

Neste contexto, este artigo vem propor um método para melhoria das condições de visualização dos blocos de texto, que passa pela aplicação de um algoritmo de adaptação, que efetua a alteração da cor da tipografia para preto ou para branco, dependendo da forma como a cor de fundo é vista pela daltónico. Dessa forma, é incrementado o contraste e é proporcionada uma integral acessibilidade aos conteúdos tipográficos.

Área temática

Tipografia e tecnologias¹

Palavras-chave

Cor, daltonismo, visualização da cor, dicromacia, deficit na visão da cor, acessibilidade.

Introdução

Não obstante a preponderância que os conteúdos multimédia têm vindo a ganhar, tanto no domínio da web como nas aplicações gráficas de uso corrente, especialmente fomentadas pela popularização dos dispositivos móveis, o texto continua apresenta um cariz comunicacional insubstituível, devido à sua vertente expositiva e descritiva. De uma forma geral, a legibilidade da sua tipografia é assegurada pelo web designer, na escolha de cores adequadas, tanto para a tipografia como para o fundo, de modo a garantir um contraste suficiente. No entanto, cerca de 5% da população em geral é afetada por daltonismo, uma insuficiência visual que limita a normal visão da cor (Kolb, 2011). Esta disfunção leva à irregular perceção da cor, o que pode comprometer a leitura dos textos, por falta de contraste entre a cor de fundo e a cor da tipografia. Este problema assume uma maior dimensão, sobretudo nos dispositivos móveis de uso corrente, onde a legibilidade da tipografia fica ainda mais reduzida, pois o tamanho do texto é menor. Sendo que o uso destes dispositivos apresenta um assinalado crescimento e que a variedade de aplicações é diariamente incrementada, a necessidade de tornar legíveis os conteúdos tipográficos, às pessoas afetadas por deficit na visão da cor, assume ainda uma maior dimensão.

Neste contexto, este artigo vem apresentar uma proposta de um algoritmo para recoloração da tipografia usada nos textos, possibilitando uma melhoria de legibilidade para pessoas com deficit na visão da cor, tornando os conteúdos mais inclusivos. A estratégia adotada vai de encontro às diretrizes estabelecidas pelo W3C.

¹ De acordo com as áreas do IV Encontro de Tipografia: <http://et.ipcb.pt/callforpapers/>

Visão da Cor

Ao nível do olho, a visão da cor é realizada através de células fotossensíveis designadas por cones. Existem 3 tipos de cones, com curvas de sensibilidade distintas, sendo que cada um destes diferentes tipos tem maior sensibilidade em zonas distintas do espectro de cor. Os L-cones (L representa *large*) têm uma maior sensibilidade na zona de cor de maior comprimento de onda; os M-cones (M representa *médium*) na zona de cores de comprimentos de onda medianos e os S-cones (S representa *small*) nas cores de menor comprimento de onda. A cor percebida por uma pessoa com normal visão da cor resulta da mistura do sinal recolhido pelos 3 tipos de cones, pelo que a cor pode ser vista como uma entidade tridimensional $cor = (l, m, s)$, em que $0 \leq l, m, s \leq max$. Fazendo variar l, m e s ao longo dos seus domínios, obtêm-se todas as cores do espectro visível da cor (Adobe, 2000; Foley, van Dam, Feiner & Hughes, 1991; Lopes, 2008).

Deficit na Visão da Cor

Embora a maioria da população usufrua da normal visão da cor, 5% das pessoas (8% no caso da população masculina) apresenta uma disfunção na visão da cor, correntemente conhecida por daltonismo, que resulta essencialmente do mal funcionamento parcial ou total de um dos tipos cones (Kolb, 2011). Em consequência da disfuncionalidade de um dos canais de cor (l, m ou s), o valor captado por esse canal não chega a atingir os valores normais ou é, simplesmente, igual a zero. Por este motivo, o domínio de cores vistas pelas pessoas afetadas por esse *deficit* visual é mais reduzido que o espectro visível da cor, aumentando a redução em função do grau da disfunção (Birch, 2001; Case, 2003).

A anomalia decorrente do mal funcionamento parcial de um dos tipos de cores é designada por tricromacia anómala, mais especificamente protanomalia, deuteranomalia ou tritanomalia, dependendo se os tipos de cones afetados são os L-cones, os M-cones ou os S-cones, respetivamente.

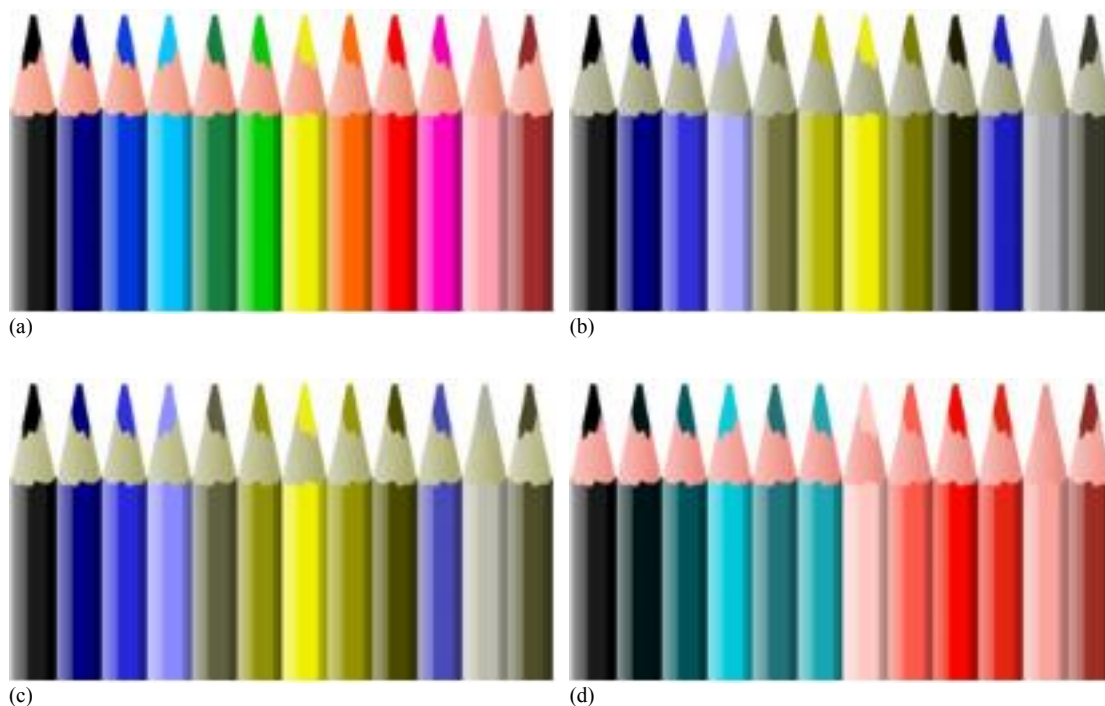


Figura 1 – Imagem original de uma caixa de lápis de cor quando vista por uma pessoa com (a) normal visão da cor; (b) afetada por protanopia; (c) deuteranopia e (d) tritanopia.

Este tipo de daltonismo leva a que haja uma distorção da forma como as cores são vistas, sendo que a severidade varia entre 1% e 100%. No caso de um dos tipos de cones não funcionar por completo, esta condição visual assume a designação de dicromacia (protanopia, deuteranopia ou tritanopia, em conformidade). Este tipo de daltonismo, de média severidade, leva a que as pessoas afetadas não vejam uma grande parte dos matizes. Como ilustra a figura 1, os protanopes e deuteranopes só veem os matizes azul e amarelo e os tritanopes os vermelhos e azul esverdeado. Os restantes matizes são vistos como verdes pardos e tons acastanhados ou acinzentados. No caso da tricromacia anómala, a forma de ver as cores assemelha-se com os correspondentes da dicromacia, mas de forma mais ligeira, variando em função do grau de afetação.

Trabalhos Publicados

Os trabalhos relacionados com a adaptação de cor para daltónicos incidem sobre o domínio da recoloração de imagens, sendo já longa a lista de trabalhos publicados. Os trabalhos sobre adaptação da cor em imagem, consistem, essencialmente, na proposta de algoritmos que podem ser aplicados a imagens, no sentido de ajustar as cores que

são vistas de forma incorreta, de modo a aumentar a destreza dos elementos constantes das imagens, fomentando uma melhor percepção geral da imagem. Os subtipos da dicromacia têm recebido maior atenção por parte dos investigadores, podendo referir-se (Martin, Keller, Rogers & Kabrinsky, 2000), (Yang & Ro, 2003), (Yang et al., 2004), (Wakita & Shumamura, 2005), (Rasche, Geist & Westall, 2005a), (Rasche, Geist & Westall, 2005b), (Iaccarino, Malandrino, Del Percio & Scarano, 2006), (Ma, Gu & Wang, 2006), (Jefferson & Harvey, 2006), (Jefferson & Harvey, 2007), (J.-B. Huang, Tseng, Wu & Wang, 2007), (Deng, Wang, Ma, Bao & Gu, 2007), (Anagnostopoulos, Tsekouras, Anagnostopoulos & Kalloniatis, 2007), (Kuhn, Oliveira & Fernandes, 2008), (J.-B. Huang, Wu & Chen, 2008), (Bao, Wang, Ma & Gu, 2008), (Bao et al., 2008), (Ma, Gu & Wang, 2008), (Doliotis, Tsekouras, Anagnostopoulos & Athitsos, 2009), (J.-B. Huang, Chen, Jen & Wang, 2009), (Ruminski et al., 2010), (Ching & Sabudin, 2010), (Lee & Santos, 2010), (Park, Choi & Han, 2011), (Jeong, Kim, Wang, Yoon & Ko, 2011) e (Chen, Chen & Bao, 2011).

Mais recentemente, surgiram alguns trabalhos relacionados com a recoloração de vídeo (Liu, Wang, Linjun, Xiuqing & Xian-Sheng, 2009), (Machado & Oliveira, 2010) e (C.-R. Huang, Chiu & Chen, 2011). A adaptação da cor em vídeo segue a mesma abordagem que a recoloração de imagem, no entanto existe uma outra questão adicional, que reside na manutenção da consistência entre *frames* (uma camisola de um jogador não pode aparecer amarela e depois azul, numa outra *frame*).

Relativamente à adaptação de tipografia para daltónico, pode apenas referir-se um trabalho que apresenta um método baseado no modelo de sistema de mass-spring (Mereuta, Aupetit & Slimane, 2012).

Motivação

A disfunção na visão da cor, afeta o modo como as pessoas observam o mundo que os rodeia, de uma forma mais ou menos severa. No caso particular das tarefas associadas ao uso do computador ou de outros dispositivos de visualização, pode mesmo comprometer a percepção dos conteúdos, particularmente no que diz respeito à leitura do texto. Uma vez que se verifica uma alteração na forma como as cores são

percebidas, pode ocorrer falta de contraste entre o texto e o fundo, comprometendo a legibilidade e pondo em causa a plena acessibilidade à informação.

Recomendações do W3C sobre Legibilidade do Texto

No intuito de promover a salvaguarda da legibilidade da tipografia, o consórcio World Wide Web (W3C), emitiu algumas recomendações sobre as características da tipografia, nomeadamente no que diz respeito à cor (W3C, 2008). Neste standard no domínio da acessibilidade, na diretriz 1.4 (que remete para aspetos relacionados com a “Perceção”) são apresentadas linhas orientadoras no sentido de facilitar a visualização (e a audição) de conteúdos, aos utilizadores.

Em particular, a norma estabelece que para garantir o “**contraste mínimo**”, se deve manter uma relação de contraste de, pelo menos, 4.5:1 e, para cumprir uma relação de contraste melhorado, a relação de contraste deve atingir 7:1. Este documento, refere ainda dois conceitos fundamentais, assim como as fórmulas de cálculo de “**relação de contraste**” e “**luminescência relativa**”, necessários para operacionalizar e o conceito de “contraste mínimo”. Considerando duas cores C_1 e C_2 em que C_1 é a cor mais clara e C_2 é a cor mais escura, sendo L_1 e L_2 a luminescência relativa de C_1 e C_2 , respetivamente, a “relação de contraste”, calcula-se por aplicação da equação (1).

$$RC = (L_1 + 0.05)/(L_2 + 0.05) \quad (1)$$

A relação de contraste entre duas cores varia entre 1:1², que corresponde ao contraste mínimo possível, quando duas cores apresentam a mesma luminescência relativa, até 1:21³ que corresponde ao contraste máximo possível entre duas cores. À medida que a relação de contraste entre duas cores aumenta, é incrementada a legibilidade. Quanto ao conceito de “**luminescência**”, este relaciona-se com a luminância ou brilho emitido por um ponto, num espaço de cor, podendo variar entre 0, valor da luminescência associado à cor preta e 1, valor associado à cor branca. Todas as outras cores têm um valor de luminescência intermédio, no domínio]0, 1[.

² 1:1 lê-se “um para um”.

³ 1:21 lê-se “um para vinte e um”.

Algoritmo de Adaptação de Cor

Nas noções associadas ao critério de sucesso 1.4.3, ou seja, nas condições de garantida da relação de contraste mínimo, entre a cor da tipografia e a cor do fundo, o W3C recomenda que sejam fornecidos “mecanismos para ajustar as cores do primeiro plano e de fundo do conteúdo”, que assegurem uma relação de contraste conveniente. Sendo que a relação de contraste mínimo não é garantida, para as pessoas afetadas por daltonismo, pois a forma como veem algumas cores é anómala, este artigo vem propor uma solução que consiste pela criação de um mecanismo, baseado num algoritmo de adaptação da cor da tipografia, nas zonas das páginas web onde se encontre texto sobre um fundo. Este algoritmo efetua a análise e corrige a cor do texto apenas se for necessário, melhorando a legibilidade da tipografia.

Considerando que existem diversos tipos e subtipos de daltonismo, o algoritmo proposto aplica-se à deuteranopia, uma vez que é o caso mais comum, dentro da dicromacia, tipo de daltonismo de severidade média e já bastante limitativo.

Algoritmo: Adaptação da cor do texto num bloco de texto

```
1: procedure MelhoraContrasteTipografia
2:   recolher cor da tipografia c_tip =(Rt,Gt, Rt)
3:   recolher cor do background c_back =(Rb, Gb, Rb)
4:   calcular cor da tipografia, vista por um deuteranope c2_tip = (Rt_d,Gt_d,Rt_d)
5:   calcular cor do background, visto por um deuteranope c2_back = (Rb_d,Gb_d,Rb_d)
6:   calcular luminescência de c2_tip, lum_tip
7:   calcular luminescência de c2_back, lum_back
8:   cálculo do contraste entre lum_tip e lum_back, cont_lum
9:   if cont_lum < 4.5
10:  then
11:    if lum_back > 0.5
12:    then c_tip = preto
13:    else c_tip = branco
14:  endif
15: end procedure
```

No algoritmo, a recolha da cor da tipografia, e da cor de fundo é realizada a partir da especificação do estilo CSS correspondente ao bloco de texto, sendo deverá estar previsto que a cor poderá estar especificada em formato hexadecimal a 6 ou a 3 dígitos, em formato rgb ou ainda através do nome de cor HTML. Após a colheita da informação sobre a cor, é necessário fazer a conversão para o formato RGB – obtendo assim os valores de R, G e B.

Depois é feito o cálculo da cor da tipografia e do background, vista por um deuteranope, que se realiza por meio de simulação, através da aplicação da forma descrita pelos autores de (Brettel, Vienot & Mollon, 1997).

O cálculo da luminescência relativa das duas cores simuladas, assim como o cálculo do respectivo contraste é então encontrado por aplicação das equações respectivas (W3C, 2008). No caso da relação de contraste não cumprir o valor mínimo de 0.45, a cor do texto será alterada, através da alteração da cor do estilo respectivo, na folha de estilos CSS onde este se encontra definido. No caso da luminescência do background estar mais perto do branco, a cor a atribuir à tipografia é o preto e vice-versa.

A implementação do algoritmo foi realizada recorrendo à linguagem javascript, tendo sido testado sobre páginas escritas em HTML5, pois o objetivo final é a sua aplicação integrada, em parceria com algoritmos de recoloração de imagens, de modo a possibilitar a recoloração automática e em tempo real de páginas web.

No entanto, a sua aplicabilidade é extensível a outro tipo de aplicações, nomeadamente destinadas a dispositivos móveis, uma vez que a abordagem pode ser adaptada a outras linguagens e/ou sistemas. Importa ainda salientar que, neste artigo, o foco se direccionou para o subtipo da deuteranopia, mas o algoritmo é aplicável a qualquer outro subtipo, bastando aplicar equações matemáticas diferentes na simulação que é realizada nas instruções 4 e 5, do algoritmo.

Resultados

Na figura 2(a) é apresentada uma tipografia de cor cinza escuro sobre um fundo de cor laranja, sendo que a relação de contraste é a mínima recomendada, ou seja, de 4.5:1. A legibilidade é suficiente para uma leitura por uma pessoa com normal visão da cor. No entanto, uma pessoa com deuteranopia vê a tipografia como tendo a mesma cor, mas vê o fundo como verde azeitona. A relação de contraste deixa de cumprir com os valores mínimos estabelecidos, passando a ser de 4.2:1. Por observação da imagem 2(b), pode-se verificar que houve uma redução efetiva da legibilidade. Após a adaptação da cor da tipografia (neste caso, para branco, pois a luminescência relativa do verde é menor que 0.5), a legibilidade da tipografia foi

claramente incrementada, quando visto por um deuteranope (figura 2(d)), mas também quando vista por uma pessoa com normal visão da cor.

Comparando a legibilidade entre a forma como um deuteranope vê o texto antes (2(b)) e depois (2(d)) da adaptação de cor, é evidente a melhoria na comodidade de leitura.



Figura 2 – Aspeto de uma tipografia de cor cinza escuro (#333333) sobre um fundo de cor laranja (#FF7000), (a) aspeto original, visto por uma pessoas com normal visão da cor; (b) aspeto original, visto por uma pessoa com deuteranopia; (c) aspeto depois da adaptação de cor, visto por uma pessoas com normal visão da cor; (d) aspeto depois da adaptação de cor, visto por uma pessoas com deuteranopia. As imagens (b) e (d) foram simuladas por aplicação do método apresentado em (Brettelet al., 1997).

Conclusão

A perfeita visualização dos conteúdos web relaciona-se, de forma direta, com a forma como o utilizador percebe a cor. No caso dos textos, é essencial que a relação de contraste entre a cor da tipografia e a cor do fundo seja suficiente para uma leitura razoavelmente legível. Embora seja acautelada essa premissa por parte do designer que concebe a página web, a anómala visão da cor por parte do observador afetado, pode levar a que essa relação de contraste mínimo se perca e, conseqüentemente, fiquem comprometidas as condições de leitura. O método que é apresentado neste artigo passa pela aplicação de um algoritmo que possibilita a alteração da cor da tipografia, de modo a que o contraste mínimo entre o fundo e o texto seja restaurado, e assim sejam melhoradas as condições de leitura, para os daltónicos.

Tal como foi possível verificar pela apresentação e discussão de resultados, é possível promover eficientemente a legibilidade dos blocos de texto, pela aplicação do algoritmo. Embora a cor incorpore um carácter estético, em termos de design e ainda uma dimensão semiótica, a perda dessas propriedades é compensada pela grande melhoria na legibilidade, fator de importância maior, na percepção da mensagem.

Por último, importa referir que o algoritmo desenvolvido foi aplicado a blocos de texto específicos, identificados por um identificador. Fica ainda em aberto o desenvolvimento de um mecanismo automático que tenha a capacidade de identificar todas as zonas de uma página web, às quais é aplicado o algoritmo apresentado.

Referências

- Adobe. (2000). Color Models - Technical Guides: Adobe Systems Incorporated.
- Anagnostopoulos, C.-N., Tsekouras, G., Anagnostopoulos, I. & Kalloniatis, C. (2007). *Intelligent modification for the daltonization process of digitized paintings*. In Proceedings of the 5th International Conference on Computer Vision Systems (ICVS 2007), Bielefeld, Germany.
- Bao, J., Wang, Y., Ma, Y. & Gu, X. (2008, 7-9 July 2008). *Re-coloring Images for Dichromats Based on an Improved Adaptive Mapping Algorithm*. In Proceedings of the International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP).
- Birch, J. (2001). *Diagnosis of Defective Colour Vision* (Second edition ed.). Edinburgh: Elsevier Science.

- Brettel, H., Vienot, F. & Mollon, J. D. (1997). Computerized Simulation of Color Appearance for Dichromats. [Article]. *Journal of the Optical Society of America a-Optics Image Science and Vision*, 14(10), 2647-2655. doi: 10.1364/josaa.14.002647
- Case, B. (2003). Color Blindness. In P. Education (Ed.), *Assessment Report*.
- Chen, W., Chen, W. & Bao, H. (2011). An Efficient Direct Volume Rendering Approach for Dichromats. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12), 2144-2152. doi: 10.1109/tvcg.2011.164
- Ching, S.-L. & Sabudin, M. (2010, 2-4 Nov. 2010). *Website image colour transformation for the colour blind*. In Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Technology and Development (ICCTD).
- Deng, Y., Wang, Y., Ma, Y., Bao, J. & Gu, X. (2007). *A Fixed Transformation of Color Images for Dichromats Based on Similarity Matrices*. In Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Intelligent Computing Theories and Applications, Qingdao, China.
- Doliotis, P., Tsekouras, G., Anagnostopoulos, C.-N. & Athitsos, V. (2009). Intelligent Modification of Colors in Digitized Paintings for Enhancing the Visual Perception of Color-blind Viewers. In I. Iliadis, M. Maglogiann, T. Tsumakasis, V. Vlahavas & B. Bramer (Eds.), (Vol. 296, pp. 293-301): Springer Boston.
- Foley, J., van Dam, A., Feiner, S. & Hughes, J. (1991). *Computer Graphics, Principles and Practice* (second edition ed.).
- Huang, C.-R., Chiu, K.-C. & Chen, C.-S. (2011). Temporal Color Consistency-Based Video Reproduction for Dichromats. *IEEE Transactions on Multimedia*, 13(5), 950-960.
- Huang, J.-B., Chen, C.-S., Jen, T.-C. & Wang, S.-J. (2009). Image Recolorization for the Colorblind *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing* (pp. 1161-1164). New York: Ieee.
- Huang, J.-B., Tseng, Y.-C., Wu, S.-I. & Wang, S.-J. (2007). Information Preserving Color Transformation for Protanopia and Deuteranopia. *IEEE Signal Processing Letters*, 14(10), 711-714.
- Huang, J.-B., Wu, S.-Y. & Chen, C.-S. (2008). *Enhancing Color Representation for the Color Vision Impaired*. In Proceedings of the ECCV Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired.
- Iaccarino, G., Malandrino, D., Del Percio, M. & Scarano, V. (2006). *Efficient edge-services for colorblind users*. In Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web, Edinburgh, Scotland.
- Jefferson, L. & Harvey, R. (2006). *Accommodating Color Blind Computer Users*. In Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, Portland, Oregon, USA.
- Jefferson, L. & Harvey, R. (2007). *An Interface to Support Color Blind Computer Users*. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, San Jose, California, USA.

- Jeong, J.-Y., Kim, H.-J., Wang, T.-S., Yoon, Y.-J. & Ko, S.-J. (2011). An efficient re-coloring method with information preserving for the color-blind. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 57(4), 1953-1960. doi: 10.1109/tce.2011.6131176
- Kolb, H. F., Eduardo & Nelson, Ralph. (2011). *WebVision: The Organization of the Retina and Visual System*: John Moran Eye Center - University of Utah.
- Kuhn, G., Oliveira, M. & Fernandes, L. (2008). An Efficient Naturalness-Preserving Image-Recoloring Method for Dichromats. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 14(6), 1747-1754.
- Lee, J. & Santos, W. (2010). *An Adaptative Fuzzy-Based System to Evaluate Color Blindness*. In Proceedings of the 17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP 2010), Brazil, Rio de Janeiro.
- Liu, B., Wang, M., Linjun, Y., Xiuqing, W. & Xian-Sheng, H. (2009, June 28 2009-July 3 2009). *Efficient Image and Video Re-coloring for Colorblindness*. In Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME).
- Lopes, J. M. B. (2008). *Cor e Luz*. Lisboa: IST-UTL.
- Ma, Y., Gu, X.-D. & Wang, Y.-Y. (2006). A New Color Blindness Cure Model Based on BP Neural Network. In J. Wang, Z. Yi, J. M. Zurada, B. L. Lu & H. Yin (Eds.), *Proceedings of the International Conference in Advances in Neural Networks* (Vol. 3973, pp. 740-745). Berlin, Deutschland: Springer-Verlag Berlin.
- Ma, Y., Gu, X. & Wang, Y. (2008). Color Discrimination Enhancement for Dichromats using Self-organizing Color Transformation. *Information Sciences*, 179(6), 830-843. doi: 10.1016/j.ins.2008.11.010
- Machado, G. M. & Oliveira, M. M. (2010). Real-Time Temporal-Coherent Color Contrast Enhancement for Dichromats. *Computer Graphics Forum*, 29(3), 933-942. doi: 10.1111/j.1467-8659.2009.01701.x
- Martin, C., Keller, J., Rogers, S. & Kabrinsky, M. (2000). Color Blindness and a Color Human Visual System Model. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 30(4), 494-500.
- Mereuta, A., Aupetit, S. & Slimane, M. (2012). *Improving web accessibility for dichromat users through contrast preservation*. In Proceedings of the 13th international conference on Computers Helping People with Special Needs - Volume Part I, Linz, Austria.
- Park, J., Choi, J. & Han, D. (2011, 23-25 May). *Applying Enhanced Confusion Line Color Transform Using Color Segmentation for Mobile Applications*. In 1st ACIS/JNU International Conference on Computers, Networks, Systems and Industrial Engineering (CNSI).
- Rasche, K., Geist, R. & Westall, J. (2005a). Detail Preserving Reproduction of Color Images for Monochromats and Dichromats. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(3), 22-30.
- Rasche, K., Geist, R. & Westall, J. (2005b). Re-coloring Images for Gamuts of Lower Dimension. *Computer Graphics Forum*, 24(3), 423-432. doi: 10.1111/j.1467-8659.2005.00867.x

Ruminski, J., Wtorek, J., Ruminnska, J., Kaczmarek, M., Bujnowski, A., Kocejko, T. et al. (2010, 13-15 May 2010). *Color transformation methods for dichromats*. In Proceedings of the 3rd Conference on Human System Interactions (HSI).

W3C. (2008). W3C Standards *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. Web: W3C (MIT, ERCIM, Keio).

Wakita, K. & Shumamura, K. (2005). *SmartColor: Disambiguation Framework for the Colorblind*. In ASSETS'05, Baltimore, Maryland, USA.

Yang, S. & Ro, Y. M. (2003, 14-17 Sept. 2003). *Visual Contents Adaptation for Color Vision Deficiency*. In Proceedings of the International Conference on Image Processing (ICIP).

Yang, S., Ro, Y. M., Nam, J., Hong, J., Choi, S. Y. & Lee, J.-H. (2004). Improving visual accessibility for color vision deficiency based on MPEG-21. [Article]. *Etri Journal*, 26(3), 195-202.