Avaliação Subjetiva para a Heurística *Early Skip/DIS*

Qualidade em Sistemas de Vídeo Digital

Érick Moreira, Heitor Almeida, Marcos Bueno, Ruhan Conceição, Thiago Bubolz

Universidade Federal de Pelotas

Ciência, Engenharia e Pós-Graduação em Computação

Pelotas, Brazil

*Abstract*—This electronic document is a “live” template and already defines the components of your paper [title, text, heads, etc.] in its style sheet. *\*CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, or Math in Paper Title or Abstract*. (*Abstract*)

Keywords—component; formatting; style; styling; insert (key words)

# Introdução

Atualmente está ocorrendo uma popularização gradual de dispositivos capazes de capturar e reproduzir vídeos digitais em três dimensões (3D), tais como televisores, Blu-ray players, tablets, smartphones, etc. Este tipo de mídia permite aos espectadores uma experiência visual mais qualificada a partir da percepção de distância entre a câmera e os objetos da cena. Isto é possível a partir do uso de displays especiais, os quais possibilitam que a cena seja projetada ao olho esquerdo e direito do espectador com uma diferença de deslocamento horizontal similar ao percebido no sistema visual humano [REF MULLER].

O *High Efficiency Video Coding* (HEVC) [REF] é o mais novo padrão de codificação de vídeos, sendo lançado em janeiro de 2013. Entre as principais metas do HEVC quando fora proposto, destacava-se atingir o dobro da taxa de compressão – quando comparado ao seu antecessor, o padrão H.264/AVC (REF H264) – mantendo a mesma qualidade de imagem e complexidade computacional [REF]. Além disso, esperava-se que o HEVC apresentasse suporte à codificação eficiente de vídeos de resolução até UHD 8K (7680x4320 pixels), 16 vezes maior que a resolução HD 1080p para qual seu predecessor, H.264/AVC (REF-H.264), fora desenvolvido. Devido ao número de ferramentas e estruturas de codificação utilizadas para obter os excelentes resultados de compressão de vídeo, não foi possível ao HEVC atingir sua meta de manter a mesma complexidade computacional do H.264/AVC. Assim, o esforço computacional para o HEVC codificar um vídeo chega a ser 502% maior que o H.264/AVC [REF].

A fim de expandir a eficiência de codificação a diversos outros tipos de aplicações, extensões para os padrões atuais de codificação de vídeos foram desenvolvidos visando dar suporte a vídeos capturados por mais de uma câmera simultaneamente. O *Multiview Video Coding* (MVC) [REF MVC] foi o padrão de codificação de vídeos multivista desenvolvido com base no padrão H.264/AVC. Com base no HEVC, experts desenvolveram o *3D-High Efficiency Video Coding* (3D-HEVC) [REF]. O 3D-HEVC foi desenvolvido visando codificar eficientemente vídeos 3D, levando em conta as características específicas deste tipo de aplicação. A complexidade computacional apontada no HEVC cresce significativamente quando considerado o processo de codificação de vídeos 3D, visto que o número de imagens processadas para um mesmo instante de tempo (vistas) é maior. Além das redundâncias exploradas pelo codificador convencional, o 3D-HEVC também explora redundâncias entre imagens pertencentes ao mesmo instante de tempo, elevando ainda mais a complexidade computacional do 3D-HEVC.

Somando-se a isto, o 3D-HEVC introduziu o conceito de mapas de profundidade (*depth maps*) [FEHN et al., 2013] na codificação de vídeos, que são imagens monocromáticas onde informações de distância dos objetos da cena em relação à câmera são armazenadas. Mapas de profundidade são essenciais no processo de síntese de vistas, o qual, a partir de dois quadros de textura (imagem convencional) capturados em posições diferentes (duas vistas), juntamente com seus respectivos mapas de profundidade, possibilitam a geração de uma vista intermediária entre as duas câmeras –denominada vista sintética [TECH et al., 2015]. Desta forma, além da complexidade adicional em relação ao HEVC, devido a exploração das redundâncias entre as imagens capturadas durante o mesmo instante de tempo, o codificador 3D-HEVC também apresenta um acréscimo na complexidade ao processar mapas de profundidade.

Tendo isto em vista, justifica-se a necessidade de estratégias inteligentes que busquem reduzir a complexidade computacional do processo de codificação de vídeos do 3D-HEVC. Estas estratégias não devem gerar um *bitstream* incompatível com o padrão, possibilitando a integração da solução em dispositivos que capturem e codifiquem o vídeo de forma compatível com o 3D-HEVC. Além disso, estas soluções de redução de complexidade não podem apresentar impacto significativo na eficiência da codificação, visando não comprometer a qualidade de imagem (objetiva e subjetiva) e a taxa de compressão obtidas pelo codificador.

Destaca-se que estratégias propostas neste cenário geralmente são inseridas no módulo de decisão de modo (*Mode Decision* – MD) do codificador, onde as diversas possibilidades de particionamento de blocos em unidades de codificação, predição e transformada são avaliados; além dos diversos modos e ferramentas disponíveis.

Dentre diversas soluções propostas na literatura para reduzir a complexidade do processo de codificação para o 3D-HEVC, este trabalho apresenta uma avaliação do impacto proporcionado pela heurística *Early Skip/DIS* [REF-ICIP] [DISSERTAÇÃO] na qualidade subjetiva de imagens sintetizadas. Além disso, uma discussão e comparação entre três métricas objetivas de qualidade de imagem também são apresentadas neste trabalho.

A heurística *Early Skip*/DIS visa testar, primeiramente, os modos *Skip* e DIS do codificador de mapas de profundidade do 3D-HEVC e, dado o custo de codificação que relaciona a taxa de bits e qualidade de imagem (*Rate Distortion* – RD) destes modos, é tomada a decisão de avaliar ou não as demais ferramentas de codificação. Dado que esta solução visa selecionar antecipadamente a utilização dos modos *Skip* e/ou DIS, ela é nomeada *Early Skip*/DIS. Os valores limiares (*thresholds*) que determinarão se os demais modos serão ou não avaliados são definidos durante a codificação dos primeiros quadros do vídeo, ou em intervalos pré-definidos, visando obter uma pré-determinada taxa de acerto. Assim, a definição destes valores é realizada de forma dinâmica e adaptativa para cada vídeo e configurações de codificação utilizadas, aprimorando a eficiência de redução de complexidade da solução *Early Skip*/DIS.

A Seção III descreve a forma e a metodologia empregada para realizar as avaliações subjetivas, além de descrever as métricas empregadas na avaliação objetiva dos vídeos. Resultados objetivos e subjetivos são apresentados e discutidos na Seção III. Por fim, a Seção IV conclui este trabalho.

# Configuração das Análises Realizadas

## Sequências de Vídeo Utilizadas

Os vídeos utilizados na análise subjetiva foram os recomendados nas condições comuns de teste (CCT) [REF] di 3D-HEVC, sendo eles: *Balloons, Kendo, Newspaper –* resolução 1024×768; e *Undo\_Dancer, GhostTownFly (GTFly), Poznan\_Hall2, Poznan\_Street* – resolução 1920×1088.

Destaca-se que este trabalho avaliou dois *Target Hit Rates* (THR) da solução *Early Skip*/DIS [REF-MSC]: 95 e 80. Assim, um conjunto de experimentos foi realizado para avaliar o THR95 e, posteriormente, outro conjunto de experimentos fora realizado para avaliar o THR 80. Desta forma, é possível perceber os espectadores que avaliaram o THR 95 não são exatamente os mesmos que avaliaram o THR 80, embora havendo uma intersecção entre ambos os grupos.

Por fim, é importante destacar que o par de imagens exibidas aos espectadores são sintetizadas (vistas virtuais) de acordo com o documento das CCT [REF].

## Métricas de Avaliação Objetiva

Neste trabalho adotou-se três diferentes métricas objetivas para quantificar a qualidade dos vídeos processados: *Peak signal-to-noise ratio* (PSNR), *Structural similarity* (SSIM) e *Most Apparent Distortion* (MAD) [REF]. Tendo em vista a familiaridade da comunidade de processamento de imagens com as duas primeiras métricas, este trabalho se reserva a brevemente descrever apenas a métrica MAD.

### Most Apparent Distortion

O algoritmo que calcula a métrica MAD considera que o sistema visual humano emprega diferentes estratégias para julgar a qualidade das imagens. Quando a imagem contém uma baixa distorção (quase-limiar), a imagem original é mais aparente, então o sistema visual humano tenta olhar além da imagem buscando as distorções (estratégia baseada em distorção). Quando a distorção é claramente perceptível, o sistema visual humano tenta olhar além das distorções, avaliando o objetivo da imagem (estratégia baseada em aparência).

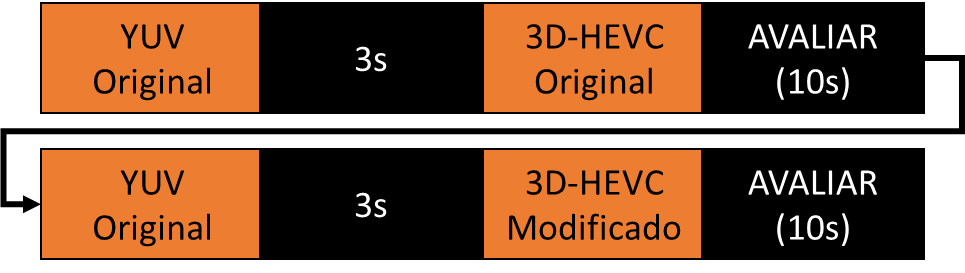
A métrica MAD explora estas duas estratégias de forma separada. Um “mascaramento local” de luminância e contraste é utilizado para estimar a distorção baseada em detecção para imagens de alta qualidade. E, em imagens de baixa qualidade, o MAD emprega um modelo estatístico local nas componentes de frequência. Destaca-se que ao compara duas imagens idênticas, o resultado do MAD é igual a zero.

## Métrica de Avaliação Subjetiva

Na avaliação subjetiva das imagens, empregou-se a medida *Mean Opinion Score* (MOS), onde os usuários poderiam atribuir cinco notas após assistir duas sequências de vídeo, respondendo se a distorção percebida entre as imagens era:

1. Muito incômoda
2. Perceptível, e incômoda
3. Perceptível, mas pouco incômoda
4. Perceptível, mas não incômoda
5. Imperceptível

A Figura 1 demonstra o fluxo utilizado no processo de avaliações dos vídeos. Primeiramente, exibiu-se aos avaliadores o par vídeo original (*YUV Original*) e vídeo codificado com o 3D-HEVC sem modificação alguma (*3D-HEVC Original*), então os usuários foram convidados a avaliar as distorções percebidas no vídeo. Após, um novo par de vídeos utilizando a mesma sequência foi exibida aos avaliadores. Primeiramente o vídeo original (*YUV Original*) e então o vídeo codificado com o 3D-HEVC com o *Early Skip/*DIS empregado (*3D-HEVC Modificado*). Após a exibição destes dois vídeos, os avaliadores foram novamente convidados a avaliar a distorção percebida entre estes.



1. Fluxo de exibição e avaliação das sequências de vídeo

## Ambiente das Avaliações Subjetivas

O ambiente onde fora realizada as avaliações subjetivas seguiu as recomendações descritas no documento [REF]. O televisor 3D utilizado é da marca Samsung, modelo XYZ, de 46 polegadas. As distâncias entre o televisor e o espectador eram respectivamente de XX cm e YY cm para os vídeos de resolução 1024×768 e 1920×1088 pixels, respectivamente. A intensidade luminosa da sala entre o espectador e o televisor alternava entre 120 a 350 lux. Além disso, a intensidade luminosa atrás do televisor manteve-se sempre abaixo dos 20 luxes, conforme recomendado no documento [REF].

# Resultados e Discussões

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos na avaliação objetiva e subjetiva dos vídeos utilizados pela heurística *Early Skip*/DIS. Além disso, esta seção também busca correlacionar ambas avaliações realizadas.



Fig. 2 Gráfico *Boxplot* sumarizando resultados da avaliação subjetiva da heurística *Early Skip*/DIS utilizando (a) THR 95 e (b) THR 80.

## Avaliação Objetiva

A Tabela I sumariza os resultados de distorção obtidos através das métricas PSNR, SSIM e MAD. É importante destacar que resultados da avaliação subjetiva também estão presentes na Tabela I (*ΔMOS*), entretanto estes serão comentados posteriormente. Além disso, visto que duas vistas são apresentadas ao telespectador (vídeo 3D), cada resultado apresentado na Tabela I é média obtida entre o PSNR, SSIM ou MAD obtido em para cada uma das vistas. Como é possível observar, o emprego da heurística *Early Skip*/DIS não acarreta em perdas significativas na qualidade objetiva de imagem (redução em PSNR e SSIM e acréscimo em MAD).

## Avaliação Subjetiva

Além dos resultados de qualidade objetiva de imagem, a Tabela I também apresenta resultados da avaliação subjetiva. Visto que cada usuário avaliou a degradação a qualidade proporcionada pelo 3D-HEVC original e também pelo 3D-HEVC implementando o *Early Skip*/DIS, a Tabela I apresenta a diferença entre a pontuação dada ao 3D-HEVC original e o modificado, conforme apresentado na equação (1).

|  |  |
| --- | --- |
| *ΔMOS = MOSmod – MOSorg* | (1) |

Nota-se que em alguns casos, principalmente considerando THR 95, há um *ΔMOS* positivo, indicando que a degradação na qualidade de imagem percebida pelos usuários é menor quando o vídeo é codificado através do 3D-HEVC com a heurística implementada.

Visto que as avaliações subjetivas foram realizadas com 30 avaliadores cada, a média dos *ΔMOS* para cada vídeo não traz muita informação acerca da dispersão dos dados. Tendo isto em vista, a Figura 2 apresenta um gráfico do tipo *boxplot*, visando sumarizar as avaliações de forma mais representativa.

Considerando o THR 95, é possível observar que exceto no vídeo *Kendo* os dados não são dispersos, ocorrendo apenas alguns *outliers*. Com isto, infere-se que apenas no vídeo *Kendo* os avaliadores tenderam a perceber uma maior degradação na qualidade de imagem do vídeo proporcionado pela heurística *Early Skip*/DIS quando comparado ao 3D-HEVC original.

1. Resultados Obtidos

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Resolução** | **Vídeo** | **HEVC Original** | | | ***Early Skip*/DIS THR 95** | | | | ***Early Skip*/DIS THR 80** | | | |
| **PSNR** | **SSIM** | **MAD** | **PSNR** | **SSIM** | **MAD** | ***ΔMOS*** | **PSNR** | **SSIM** | **MAD** | ***ΔMOS*** |
| *1024*  *×*  *768* | *Balloons* | 40,8419 | 0,5537 | 24,6028 | 40,8415 | 0,5537 | 24,6445 | 0,0333 | 40,8121 | 0,5536 | 25,2057 | -0,0667 |
| *Kendo* | 41,2651 | 0,4860 | 26,6814 | 41,2617 | 0,4861 | 26,6073 | -0,2667 | 41,2169 | 0,4858 | 27,2538 | -0,2000 |
| *Newspaper* | 38,6174 | 0,6902 | 27,0885 | 38,6210 | 0,6901 | 27,0705 | -0,1000 | 38,5890 | 0,6900 | 27,5768 | -0,0333 |
| *1920*  *×*  *1088* | *Undo\_Dancer* | 36,0371 | 0,5417 | 40,7482 | 36,0232 | 0,5416 | 40,7640 | 0,1333 | 35,8282 | 0,5410 | 46,2936 | -0,1333 |
| *GT\_Fly* | 37,8582 | 0,3530 | 47,9941 | 37,8377 | 0,3529 | 48,4748 | -0,0333 | 37,7941 | 0,3526 | 49,7379 | 0,0333 |
| *Poznan\_Hall2* | 42,0491 | 0,2573 | 39,1993 | 41,9792 | 0,2571 | 41,3101 | 0,0333 | 41,9029 | 0,2570 | 43,7910 | -0,0667 |
| *Poznan\_Street* | 38,3882 | 0,5723 | 27,9870 | 38,3852 | 0,5722 | 28,1233 | 0,1000 | 38,3566 | 0,5720 | 28,6531 | 0,1667 |
| ***Média*** | | **39,2938** | **0,4934** | **33,4716** | **39,2784** | **0,4933** | **33,8563** | **-0,0143** | **39,2142** | **0,4931** | **35,5017** | **-0,0429** |

Por outro lado, considerando o THR 80, é possível observar na maioria dos casos (exceto nos vídeos *GTFly* e *Poznan\_Street*) uma tendência dos avaliadores a perceberem uma maior degradação na qualidade da imagem. É importante destacar que o comportamento dos dados no vídeo *Kendo* é bem semelhante para ambos os casos, demonstrando que a variação do THR não causou significativa variação na qualidade de imagem desta sequência.

Na Tabela 1 é possível identificar que a sequência *Undo\_Dancer* apresentou a maior diferença absoluta entre as médias de *ΔMOS* em ambas as avaliações (0,2666). Tendo isto em vista, a Figura 3 apresenta uma comparação entre os histogramas de ambos os cenários para esta sequência de vídeo.

É possível perceber que em ambos THR’s, 18 avaliadores não perceberam uma degradação na qualidade de imagem proporcionado pela heurística *Early Skip*/DIS, quando comparada a degradação proporcionada pelo próprio 3D-HEVC. Entretanto, considerando THR 80 é possível perceber a tendência dos avaliadores em perceber maior impacto à qualidade de imagem do vídeo – comparado ao THR 90 – de acordo com o gráfico apresentado na Figura 2.

### Dados sobre os avaliadores



Fig. 5 Discrepância nos votos



Fig. 3 Comparação entre os histogramas de ΔMOS das avaliações subjetivas utilizando THR 95 e THR 80.



Fig. 4 Comparação entre os histogramas de ΔMOS das avaliações subjetivas utilizando THR 95 e THR 80.

Além de avaliar as sequências de vídeo, os espectadores também responderam um breve questionário, informando sexo, idade, expertise em codificação de vídeos e escolaridade. A Figura 4 apresenta dois gráficos do tipo *boxplot* mostrando as informações dos avaliadores no que diz respeito às suas idades e conhecimento no tópico de codificação de vídeos. É importante ressaltar que os THR’s da heurística *Early Skip*/DIS não foram avaliados no mesmo momento, assim o conjunto de avaliadores não foi exatamente o mesmo em ambos as análises.

Como é possível perceber, os avaliadores da heurística utilizando THR 80 eram “mais velhos”, entretanto possuíam a mesma experiência no tópico de codificação de vídeos. Outro fator importante a ser mencionado é que, dos 30 avaliadores, 29 eram estudantes de graduação na análise do THR 95, havendo apenas um avaliador cursando pós-graduação. Por outro lado, na análise do THR 80 25 avaliadores ainda não concluíram a graduação, 3 são pós-graduandos e 2 já possuem título de pós-graduação. Acredita-se que este fato justifica a tendência da população que avaliou o THR 80 possuir mais idade.

Embora os grupos de avaliadores que analisaram a heurística utilizando THR 95 e 80 não foram exatamente os mesmos, oito deles estiveram presentes em ambos os experimentos. Sendo assim, estes tiveram que avaliar duas vezes a degradação na qualidade de imagem proporcionada pelo 3D-HEVC sem nenhuma modificação. Tendo isto em vista, a Figura 5 apresenta um gráfico que demonstra a discrepância entre as notas dadas em suas análises em ambos os experimentos para o mesmo par de vídeos. Além disso, o gráfico também apresenta a discrepância na resposta à pergunta “experiência em codificação de vídeos” de cada avaliador.

Como é possível perceber, todos os avaliadores (AV) não foram 100% consistentes em suas análises – embora AV3 e AV7 tenham atribuído apenas um valor diferente entre ambas as análises. Além disso, é possível perceber que três avaliadores atribuíram notas diferentes quando questionados sobre sua expertise no tema codificação de vídeos. Estes fatos demonstram que a avaliação subjetiva, embora seja extremamente importante, sofre com algumas “aleatoriedades” por parte dos avaliadores.

# Prepare Your Paper Before Styling

Before you begin to format your paper, first write and save the content as a separate text file. Keep your text and graphic files separate until after the text has been formatted and styled. Do not use hard tabs, and limit use of hard returns to only one return at the end of a paragraph. Do not add any kind of pagination anywhere in the paper. Do not number text heads-the template will do that for you.

Finally, complete content and organizational editing before formatting. Please take note of the following items when proofreading spelling and grammar:

## Abbreviations and Acronyms

Define abbreviations and acronyms the first time they are used in the text, even after they have been defined in the abstract. Abbreviations such as IEEE, SI, MKS, CGS, sc, dc, and rms do not have to be defined. Do not use abbreviations in the title or heads unless they are unavoidable.

## Units

* Use either SI (MKS) or CGS as primary units. (SI units are encouraged.) English units may be used as secondary units (in parentheses). An exception would be the use of English units as identifiers in trade, such as “3.5-inch disk drive.”
* Avoid combining SI and CGS units, such as current in amperes and magnetic field in oersteds. This often leads to confusion because equations do not balance dimensionally. If you must use mixed units, clearly state the units for each quantity that you use in an equation.
* Do not mix complete spellings and abbreviations of units: “Wb/m2” or “webers per square meter,” not “webers/m2.” Spell units when they appear in text: “...a few henries,” not “...a few H.”
* Use a zero before decimal points: “0.25,” not “.25.” Use “cm3,” not “cc.” (*bullet list*)

## Equations

The equations are an exception to the prescribed specifications of this template. You will need to determine whether or not your equation should be typed using either the Times New Roman or the Symbol font (please no other font). To create multileveled equations, it may be necessary to treat the equation as a graphic and insert it into the text after your paper is styled.

Number equations consecutively. Equation numbers, within parentheses, are to position flush right, as in (1), using a right tab stop. To make your equations more compact, you may use the solidus ( / ), the exp function, or appropriate exponents. Italicize Roman symbols for quantities and variables, but not Greek symbols. Use a long dash rather than a hyphen for a minus sign. Punctuate equations with commas or periods when they are part of a sentence, as in

*a**b*    

Note that the equation is centered using a center tab stop. Be sure that the symbols in your equation have been defined before or immediately following the equation. Use “(1),” not “Eq. (1)” or “equation (1),” except at the beginning of a sentence: “Equation (1) is ...”

## Some Common Mistakes

* The word “data” is plural, not singular.
* The subscript for the permeability of vacuum **0, and other common scientific constants, is zero with subscript formatting, not a lowercase letter “o.”
* In American English, commas, semi-/colons, periods, question and exclamation marks are located within quotation marks only when a complete thought or name is cited, such as a title or full quotation. When quotation marks are used, instead of a bold or italic typeface, to highlight a word or phrase, punctuation should appear outside of the quotation marks. A parenthetical phrase or statement at the end of a sentence is punctuated outside of the closing parenthesis (like this). (A parenthetical sentence is punctuated within the parentheses.)
* A graph within a graph is an “inset,” not an “insert.” The word alternatively is preferred to the word “alternately” (unless you really mean something that alternates).
* Do not use the word “essentially” to mean “approximately” or “effectively.”
* In your paper title, if the words “that uses” can accurately replace the word using, capitalize the “u”; if not, keep using lower-cased.
* Be aware of the different meanings of the homophones “affect” and “effect,” “complement” and “compliment,” “discreet” and “discrete,” “principal” and “principle.”
* Do not confuse “imply” and “infer.”
* The prefix “non” is not a word; it should be joined to the word it modifies, usually without a hyphen.
* There is no period after the “et” in the Latin abbreviation “et al.”
* The abbreviation “i.e.” means “that is,” and the abbreviation “e.g.” means “for example.”

An excellent style manual for science writers is [7].

# Using the Template

After the text edit has been completed, the paper is ready for the template. Duplicate the template file by using the Save As command, and use the naming convention prescribed by your conference for the name of your paper. In this newly created file, highlight all of the contents and import your prepared text file. You are now ready to style your paper; use the scroll down window on the left of the MS Word Formatting toolbar.

## Authors and Affiliations

The template is designed so that author affiliations are not repeated each time for multiple authors of the same affiliation. Please keep your affiliations as succinct as possible (for example, do not differentiate among departments of the same organization). This template was designed for two affiliations.

### For author/s of only one affiliation (Heading 3): To change the default, adjust the template as follows.

#### Selection (Heading 4): Highlight all author and affiliation lines.

#### Change number of columns: Select the Columns icon from the MS Word Standard toolbar and then select “1 Column” from the selection palette.

#### Deletion: Delete the author and affiliation lines for the second affiliation.

### For author/s of more than two affiliations: To change the default, adjust the template as follows.

#### Selection: Highlight all author and affiliation lines.

#### Change number of columns: Select the “Columns” icon from the MS Word Standard toolbar and then select “1 Column” from the selection palette.

#### Highlight author and affiliation lines of affiliation 1 and copy this selection.

#### Formatting: Insert one hard return immediately after the last character of the last affiliation line. Then paste down the copy of affiliation 1. Repeat as necessary for each additional affiliation.

#### Reassign number of columns: Place your cursor to the right of the last character of the last affiliation line of an even numbered affiliation (e.g., if there are five affiliations, place your cursor at end of fourth affiliation). Drag the cursor up to highlight all of the above author and affiliation lines. Go to Column icon and select “2 Columns”. If you have an odd number of affiliations, the final affiliation will be centered on the page; all previous will be in two columns.

## Identify the Headings

Headings, or heads, are organizational devices that guide the reader through your paper. There are two types: component heads and text heads.

Component heads identify the different components of your paper and are not topically subordinate to each other. Examples include ACKNOWLEDGMENTS and REFERENCES, and for these, the correct style to use is “Heading 5.” Use “figure caption” for your Figure captions, and “table head” for your table title. Run-in heads, such as “Abstract,” will require you to apply a style (in this case, italic) in addition to the style provided by the drop down menu to differentiate the head from the text.

Text heads organize the topics on a relational, hierarchical basis. For example, the paper title is the primary text head because all subsequent material relates and elaborates on this one topic. If there are two or more sub-topics, the next level head (uppercase Roman numerals) should be used and, conversely, if there are not at least two sub-topics, then no subheads should be introduced. Styles named “Heading 1,” “Heading 2,” “Heading 3,” and “Heading 4” are prescribed.

## Figures and Tables

### Positioning Figures and Tables: Place figures and tables at the top and bottom of columns. Avoid placing them in the middle of columns. Large figures and tables may span across both columns. Figure captions should be below the figures; table heads should appear above the tables. Insert figures and tables after they are cited in the text. Use the abbreviation “Fig. 1,” even at the beginning of a sentence.

1. Table Styles

| Table Head | Table Column Head | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Table column subhead | Subhead | Subhead |
| copy | More table copya |  |  |

1. Sample of a Table footnote. *(Table footnote)*
2. Example of a figure caption. *(figure caption)*

Figure Labels: Use 8 point Times New Roman for Figure labels. Use words rather than symbols or abbreviations when writing Figure axis labels to avoid confusing the reader. As an example, write the quantity “Magnetization,” or “Magnetization, M,” not just “M.” If including units in the label, present them within parentheses. Do not label axes only with units. In the example, write “Magnetization (A/m)” or “Magnetization (A ( m(1),” not just “A/m.” Do not label axes with a ratio of quantities and units. For example, write “Temperature (K),” not “Temperature/K.”

##### Acknowledgment *(Heading 5)*

The preferred spelling of the word “acknowledgment” in America is without an “e” after the “g.” Avoid the stilted expression “one of us (R. B. G.) thanks ...”. Instead, try “R. B. G. thanks...”. Put sponsor acknowledgments in the unnumbered footnote on the first page.

##### References

The template will number citations consecutively within brackets [1]. The sentence punctuation follows the bracket [2]. Refer simply to the reference number, as in [3]—do not use “Ref. [3]” or “reference [3]” except at the beginning of a sentence: “Reference [3] was the first ...”

Number footnotes separately in superscripts. Place the actual footnote at the bottom of the column in which it was cited. Do not put footnotes in the reference list. Use letters for table footnotes.

Unless there are six authors or more give all authors’ names; do not use “et al.”. Papers that have not been published, even if they have been submitted for publication, should be cited as “unpublished” [4]. Papers that have been accepted for publication should be cited as “in press” [5]. Capitalize only the first word in a paper title, except for proper nouns and element symbols.

For papers published in translation journals, please give the English citation first, followed by the original foreign-language citation [6].

1. G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, “On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions,” Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. A247, pp. 529-551, April 1955. (*references*)

We suggest that you use a text box to insert a graphic (which is ideally a 300 dpi resolution TIFF or EPS file with all fonts embedded) because this method is somewhat more stable than directly inserting a picture.

To have non-visible rules on your frame, use the MSWord “Format” pull-down menu, select Text Box > Colors and Lines to choose No Fill and No Line.

1. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
2. I.S. Jacobs and C.P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in Magnetism, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
3. K. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.
4. R. Nicole, “Title of paper with only first word capitalized,” J. Name Stand. Abbrev., in press.
5. Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
6. M. Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.