

Grupo concebe técnicas inéditas para análise forense de fotografias e de documentos digitais

Inteligência artificial e visão computacional fundamentam métodos desenvolvidos no Instituto de Computação

SILVIO ANUNCIACÃO
silvioajp@reitoria.unicamp.br

No final de 2011, a multinacional italiana Benetton causou polêmica mundial ao divulgar uma campanha publicitária denominada "unhate". O propósito era fazer uma espécie de desagravo contra a cultura do ódio e da homofobia. Nos outdoors exibidos pela marca de moda de Treviso, várias fotomontagens de líderes mundiais se beijando – entre eles, o presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, com Hugo Chávez, da Venezuela; e o presidente da Autoridade Nacional Palestina (ANP), Mahmoud Abbas, com o premiê israelense, Benjamin Netanyahu.

De tão bem produzidas, as imagens alertaram sobre outro aspecto para além da intolerância cultural. Autoridades, políticos, personalidades e cidadãos comuns são, cada vez mais, alvos de falsificações e montagens em fotografias e documentos digitais. A própria presidente brasileira Dilma Rousseff se viu constrangida em 2009, quando ainda era pré-candidata e ministra da Casa Civil do governo Luís Inácio Lula da Silva.

Algum tempo depois ela conseguiu provar que era falsa uma ficha criminal relatando a sua participação no planejamento e execução de ações armadas contra a ditadura militar (1964-1985). O documento foi publicado um ano antes da eleição presidencial de 2010 pelo jornal *Folha de São Paulo*. Junto, uma reportagem tratando do suposto plano da organização Vanguarda Armada Revolucionária Palmares (VAR-Palmares), da qual Dilma teria feito parte, para sequestrar, em 1969, o então ministro da economia, Antônio Delfim Netto. Mais tarde o grupo *Folha* reconheceu o erro.

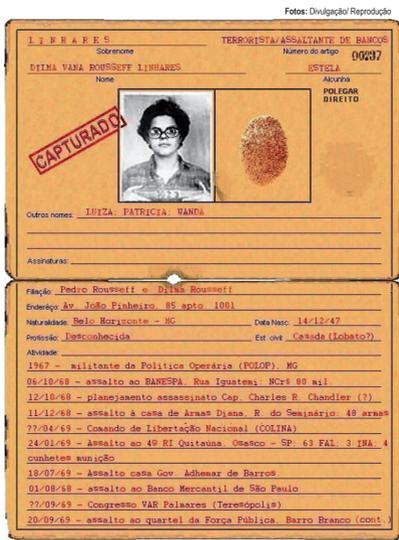
Nos anos passados, outro político brasileiro, cujo nome não pode ser divulgado, foi acusado de pedofilia. A denúncia se baseava em imagens pornográficas divulgadas na internet. Para alívio do envolvido foi provado que as fotografias eram montagens bem elaboradas com recursos sofisticados nos editores de imagens.

Nas duas situações descritas, a atuação do docente Anderson Rocha, do Instituto de Computação (IC) da Unicamp, foi imprescindível para evidenciar a falsificação das fotografias e documentos. "O caso da presidente Dilma foi um dos primeiros que analisei, junto com o meu colega, o professor Siome Klein Goldenstein. Mostramos que se tratava de um documento falso. Foi o caso da ficha do Dops [Departamento de Ordem Política e Social do governo militar]", lembra o docente do IC.

Diante das imagens da campanha da "unhate", ele divulgou o desenvolvimento de quatro técnicas inéditas para análise forense de imagens digitais. Os métodos, baseados em inteligência artificial e visão computacional, consistem em revelar incoerências nas fotografias e documentos falsificados, muitas vezes, impossíveis de serem detectadas pelo olho humano ou por meio de técnicas tradicionais.

O grupo de computação forense liderado por Anderson Rocha no Laboratório de Inferência em Dados Complexos (Recod) do IC está entre poucos no mundo que pesquisa, na linha de frente, falsificações em documentos digitais. Com patentes neste campo e publicações de alto impacto em vários periódicos internacionais, a equipe possui parcerias com as universidades de Erlangen-Nuremberg, da Alemanha; Laval, no Canadá; e Dartmouth College, nos Estados Unidos. Há ainda colaborações da União Europeia, Polícia Federal (PF) e de companhias na área de tecnologia da informação, como Microsoft e Samsung.

"Atualmente, as imagens e vídeos digitais se tornaram uma das principais ferramentas de comunicação entre os seres humanos. O baixo custo e a alta tecnologia dos dispositivos de captura, aliados ao aumento da interconectividade dos cidadãos, trazem muitos benefícios, mas também consequências negativas, como o aumento da circulação de documentos falsificados em nosso dia-a-dia. Ferramentas de manipulação poderosas têm permitido que usuários comuns tornem-se potenciais especialistas na manipulação da verdade", alerta o docente.



Ficha criminal falsa de Dilma Rousseff, publicada em 2009; pesquisas do IC mostraram que documento havia sido forjado

Os estudos, de acordo com ele, inserem-se no âmbito de linhas de pesquisas conduzidas no Instituto de Computação da Unicamp sobre computação forense digital. "Propomos a investigação de possíveis soluções para problemas relacionados à coleta, organização, classificação e análise de evidências digitais. Temos analisado falsificações de imagens, vídeos, ataques em sistemas de biometria, roubos de impressão digital, técnicas de reconhecimento humano, desenvolvendo soluções nesta área. Também ministramos cursos e palestras, inclusive, para policiais federais e técnico-científicos", revela.

TÉCNICAS

Entre as novidades das técnicas está a automatização do processo. A detecção automática permite, em poucos segundos, que usuários sem conhecimentos específicos façam a verificação de inconsistências. Isso é possível em três métodos, conforme o professor da Unicamp. A quarta técnica exige do usuário um pouco mais de conhecimento sobre o processamento de imagens.

Os trabalhos, informa, vêm sendo conduzidos pelo pesquisador Anderson Rocha José de Carvalho, sob sua orientação, e do professor Hélio Pedrini, também do Instituto de Computação. Tiago de Carvalho realizou parte dos seus estudos por meio de doutorado sanduíche no Dartmouth College, em Hanover, nos Estados Unidos. A expectativa é que a tese, financiada pela Unicamp e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), seja defendida em fevereiro de 2014.

"Todos os processos são voltados à classificação de imagens envolvendo pessoas. A primeira técnica objetiva encontrar, de modo automatizado, inconsistências em fotografias utilizando a inteligência artificial e visão computacional. Ela analisa como a pele facial da pessoa fotografada responde às diferentes formas de iluminação", detalha o cientista da computação Tiago de Carvalho.

Ele explica que cabe ao usuário selecionar no software desenvolvido as faces dos indivíduos numa determinada imagem. A partir disso, um conjunto de algoritmos fornece a resposta, ou seja, se aquela imagem é verdadeira ou falsa. O método é capaz de detectar corretamente, e de modo automatizado, mais de 85% dos casos. Para as demais situações em que não é possível a identificação automática, outras técnicas forenses podem ser associadas.

"Imaginemos duas pessoas numa montagem: uma delas está num dia ensolarado. A outra, num local com sombra. Suponha ainda que elas estavam em fotografias diferentes. A iluminação no dia ensolarado incidiu na pele da pessoa e levou a uma resposta específica. E a iluminação no dia com sombra incidiu na pele da outra pessoa levando a outra resposta. Quando um indivíduo foi num editor de imagem e combinou estas duas fotografias, há uma grande inconsistência nas respostas do mesmo material [pele] às diferentes formas de iluminação", complementa o orientador Anderson Rocha.

A iluminação neste caso teria que ser única, mas ela não é, acrescenta o docente. O algoritmo desenvolvido calcula justamente esta inconsistência. Depois de analisar a imagem, o software fornece duas assinaturas: *pristine*, verdadeiro; ou *fake*, falso. O que o programa faz é verificar incoerências de textura, ou seja, como um pixel, o menor ponto que forma uma imagem digital, varia em relação aos pixels vizinhos.

"Há situações em que a iluminação é bastante complexa. Num ambiente externo, ela é mais simples, pois existe uma fonte dominante que é o sol. Todavia, no plano interno, há tantas iluminações artificiais quanto se queira. Há ambientes com 50 iluminações diferentes, por exemplo. E o olho humano não consegue apontar todas essas inconsistências exatamente por conta disso. É aí que entra o nosso método baseado em inteligência artificial", ilustra.

O pesquisador Anderson Rocha esclarece que não pretende submeter um pedido de patente para esta técnica. "Vamos disponibilizar em forma de software gratuitamente para o público baixar, após a conclusão do doutorado. Neste caso, imaginamos que haverá um grande interesse de organizações, principalmente públicas, como a própria polícia", ressalva. O trabalho contou com a colaboração de estudiosos da Universidade de Erlangen-Nuremberg, na Alemanha.

Além de possibilitar aos cidadãos que façam a própria análise de inconsistências em falsificações, a automatização vai permitir que peritos realizem maiores quantidades de investigações. "Nas redes sociais, por exemplo, tem muita gente fazendo 'impersonation', tentando denegrir as imagens dos outros. O perito pode colocar um filtro e o software vai lhe enviar somente aquelas imagens marcadas com maior probabilidade como sendo falsificadas. Adicionalmente, mais análises podem ser consideradas, embora, ainda mais, a investigação", prevê o pesquisador.

REFLEXÃO DOS OLHOS

Outra técnica avalia a iluminação e reflexão da luz por meio do brilho dos olhos das pessoas. Quando uma fotografia é tirada, o olho humano exibe uma espécie de brilho conhecido como reflexo especular, permitindo o cálculo da posição em que o fotógrafo estava quando clicou a câmera e, também, da direção da luz incidente no indivíduo da foto.

"Suponhamos que uma montagem tenha duas pessoas. Um determinado fotógrafo tirou uma foto no dia X em um ângulo A. O outro, fotógrafo no dia Y em um ângulo B. Se alguém combinou essa imagem, nós teremos dois tipos diferentes de reflexos especulares nos olhos, de dois fotógrafos e duas posições de iluminação diferentes.

Quantos fotógrafos podem ter para uma foto?", exemplifica o coordenador dos trabalhos.

Esta técnica é uma continuação de estudos realizados pelos cientistas Hany Farid, do Dartmouth College; e Michiko Kimura, do Massachusetts Institute of Technology (MIT). As investigações contaram com a colaboração da pesquisadora do IC Priscila Corrêa Saboia.

DIREÇÃO DA LUZ

O terceiro método, ainda em andamento, objetiva descobrir incoerências entre as imagens por meio das direções de luz. Trata-se de uma colaboração com a área de realidade virtual da Universidade Laval, em Quebec, no Canadá. Tiago de Carvalho explica que, dadas às devidas restrições e simplificações, é possível descobrir em uma fotografia a luz predominante que incide na cena e de onde ela vem, por meio do cálculo da sua angulação.

"Vamos considerar que em uma imagem falsificada, existam duas pessoas combinadas. Não tem como, por exemplo, o sol estar em uma posição para uma pessoa e em outra posição para outra pessoa. Este método vai estimar a posição da luz dominante e, se houver inconsistência, ele vai apontar a falsificação", demonstra.

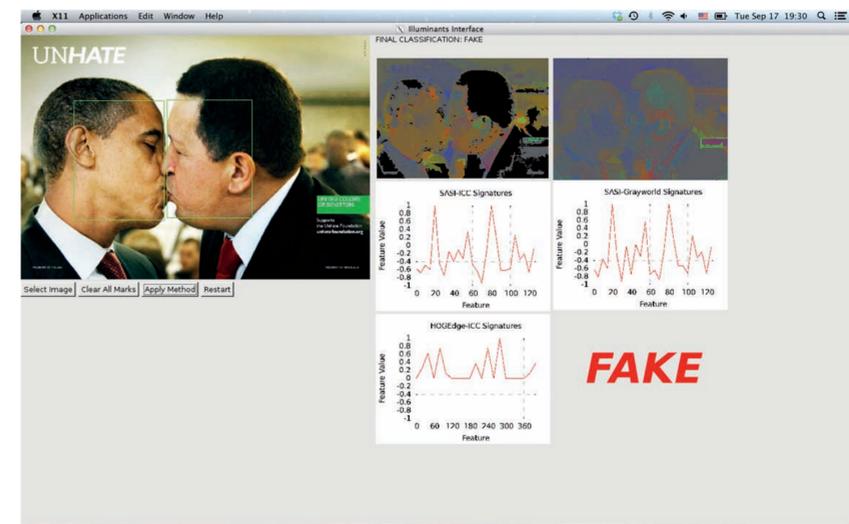
O último trabalho, também em desenvolvimento, exige um pouco mais de conhecimento do usuário. A técnica trabalha com a questão da dimensão que se perde na fotografia. "É uma parceria com o Dartmouth College. Estamos tentando incluir as análises por terceira dimensão", resume Anderson Rocha.

WTC, FILOGENIA E O QUE NÃO SE VÊ

No dia 11 de setembro de 2001, data que abalou o mundo com os atentados terroristas aos Estados Unidos, Anderson Rocha era ainda estudante do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras. De lá para cá, ele fez mestrado, doutorado e pós-doutorado na Unicamp, sempre atuando na área de inteligência artificial, visão computacional e computação forense. Obteve distinções importantes, entre as quais o prêmio Capes de melhor tese de doutorado e o reconhecimento da Microsoft, que o nomeou, em 2011, como o primeiro 'faculty fellow' latino-americano da Microsoft Research.

Além de possibilitar aos cidadãos que façam a própria análise de inconsistências em falsificações, a automatização vai permitir que peritos realizem maiores quantidades de investigações. "Nas redes sociais, por exemplo, tem muita gente fazendo 'impersonation', tentando denegrir as imagens dos outros. O perito pode colocar um filtro e o software vai lhe enviar somente aquelas imagens marcadas com maior probabilidade como sendo falsificadas. Adicionalmente, mais análises podem ser consideradas, embora, ainda mais, a investigação", prevê o pesquisador.

O professor Anderson Rocha (dir.), coordenador das pesquisas, e o pesquisador Tiago José de Carvalho: muitas fraudes não são detectadas pelo olho humano



Um dos métodos utilizados pelos pesquisadores para detectar a manipulação de imagens: parceria com universidades do Exterior

"Interessei-me pela computação forense quando aconteceu o atentado terrorista ao World Trade Center. Na época, havia informações correntes na mídia de que o ataque teria sido coordenado por mensagens 'escondidas' em fotografias. Nunca se provou nada em relação a isso, mas também não há evidências em contrário. O fato é que fiquei interessado em saber como uma fotografia poderia trazer uma mensagem subliminar", lembra.

Para o professor da Unicamp, tão importante quanto revelar a autenticidade de imagens é descobrir a fonte geradora da falsificação, algo conhecido como filogenia multimídia. "O indivíduo cria uma falsificação de uma pessoa

importante por motivos diversos, divulga na mídia e aquilo torna-se 'viral'. Como você prova que isso é verdadeiro ou falso? E mais: como se descobre quem colocou aquela imagem na rede?", indaga.

O processo envolve, de acordo com ele, a análise do documento em si: descobrir se ele é modificado ou não. "Constatado que houve alteração, é preciso desvendar de onde veio. É o que nós chamamos de fazer o 'trace back', ou seja, rastrear aquela fotografia. Nesse sentido, identificamos como este documento se relaciona com outros que são muito parecidos, chegando, deste modo, ao documento originador [raiz] do conjunto. Isso é filogenia multimídia. Ao associarmos esta informação a informações extras de provedores, por exemplo, podemos identificar fisicamente os indivíduos divulgando tais dados", explica.

As investigações na área de filogenia forense vêm sendo desenvolvidas pelo doutorando Filipe de Oliveira Costa e o mestrando Alberto Arruda de Oliveira, sob orientação de Anderson Rocha. Além deles, participam do trabalho a pesquisadora Marina Atsumi Oikawa e os docentes Siome Klein Goldenstein e Zanoni Dias, todos do IC.

As pesquisas realizadas pelo professor Anderson Rocha contam com financiamento da União Europeia, Microsoft, Samsung Eletrônica da Amazônia, Capes, CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). "Nós também ministramos aqui no IC uma disciplina de pós-graduação eletiva sobre análise forense de documentos. É aberta aos alunos de graduação em estágio mais avançado do curso e aos demais interessados, que podem se inscrever como alunos especiais. A disciplina é regularmente oferecida no segundo semestre de cada ano", divulga.

Publicações

CARVALHO, TIAGO JOSÉ DE; RIESS, CHRISTIAN; ANGELOPOULOU, ELLI; PEDRINI, HELIO; ROCHA, ANDERSON. *Exposing Digital Image Forgeries by Illumination Color Classification*. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, v. 8, p. 1182-1194, 2013.

SABOIA, P.; CARVALHO, T. J.; ROCHA, A.; *Eye Spectral Highlights Telltales for Digital Forensics: A Machine Learning Approach*. In: IEEE Intl. Conference on Image Processing (ICIP), 2011, Bruxelas. IEEE Intl. Conference on Image Processing (ICIP), 2011.

CARVALHO, Tiago; PINTO, A.; SILVA, E.; COSTA, F. O.; PINHEIRO, G. R.; ROCHA, A.; *Crime Scene Investigation (CSI): da Ficção à Realidade*. In: ERI-MG. (Org.). Anais da VII Escola Regional de Informática de Minas Gerais. 1ed. Juiz de Fora, 2012, v. 1, p. 1-23

CARVALHO, T.; SILVA, E.; COSTA, F. O.; FERREIRA, A.; ROCHA, A.; *Além do óbvio: a análise forense de imagens e a investigação do conteúdo implícito e explícito de fotografias digitais*. In: Workshop de Forense Computacional - Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais (SBSEG 2012), 2012, Curitiba.



Mosaico com fotos de governantes se beijando, em campanha da Benetton: montagens e manipulações de imagens na berlinda