

Análise de confiabilidade do traçado cefalométrico automático

Germano Teixeira de Miranda¹

Sumário

Resumo	1
Introdução	2
Metodologia	3
Resultados	5
Conclusão	6
Código Fonte	6
Referências	6

Resumo

Técnicas de inteligência artificial tornaram possível a utilização de redes neurais para realização de exames médicos de forma automática, ou seja, sem a intervenção de especialistas humanos. Na odontologia, por exemplo, redes neurais convolucionais regionais, RCNN, são utilizadas para identificar pontos cefalométricos. Apesar de serem amplamente utilizadas, essas redes carecem de estudos com o rigor científico necessário para comprovar que os resultados obtidos com sua utilização são adequados e, por consequência, podem ser utilizadas no tratamento odontológico. Neste trabalho avaliamos como a técnica de marcação automática de pontos - implementada pela inteligência artificial do software de análise cefalométrica do Cfaz.net - se compara ao resultado obtido por especialistas humanos. Para realizar essa comparação, pontos cefalométricos marcados por especialistas foram utilizados para criar uma referência que, posteriormente, foi utilizada para determinar os erros das marcações obtidas por cada especialista e os erros das marcações obtidas pela inteligência artificial. Concluímos que o erro total obtido pela inteligência artificial é similar aos erros totais dos especialistas selecionados, sendo melhor que 50% (cinquenta por cento) desses. Sendo assim, o presente estudo mostra, com o rigor científico necessário, que a inteligência artificial tem resultado similar ao de especialistas para o recorte analisado.

Palavras-chave: Cefalometria; Inteligência artificial; RCNN; Traçado automática; Traçado cefalométrico; Radiologia odontológica; Odontologia.

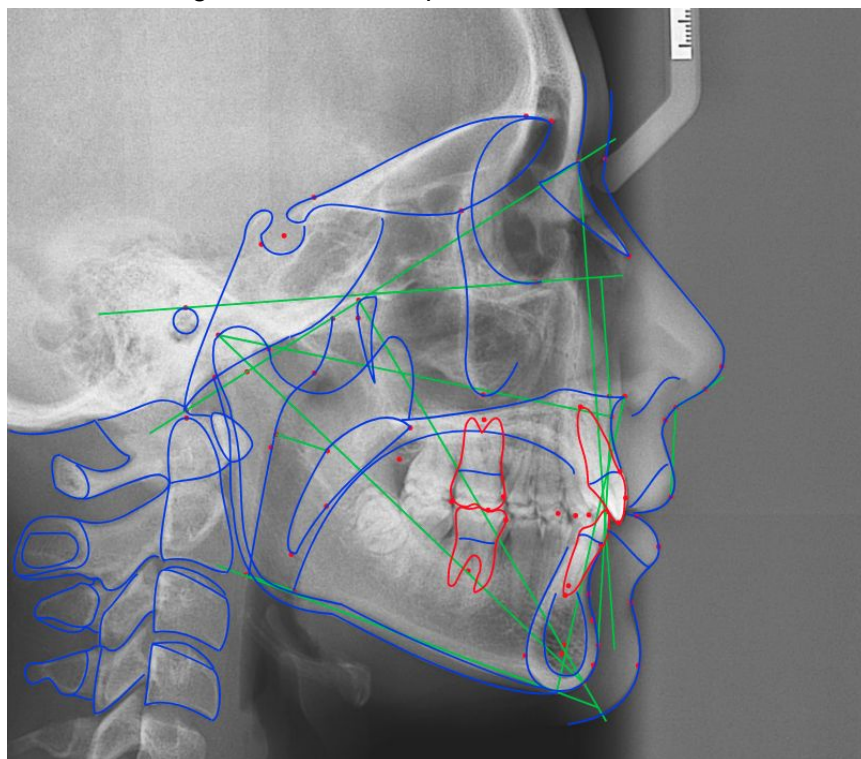
¹ Engenheiro de Computação pelo CEFET-MG em 2012, Mestrando em Modelagem Matemática Computacional pelo CEFET-MG e sócio-fundador do Cfaz.net.

Introdução

A cefalometria é uma ciência que estuda as dimensões do crânio e da face. Especificamente em odontologia, essa ciência se refere à análise de medidas entre pontos cefalométricos. Por pontos cefalométricos, entende-se regiões precisamente especificadas por autores em uma radiografia lateral da face (Telerradiografia). Em uma cefalometria, além dos pontos, também são analisados planos, que são obtidos com base na marcação dos pontos².

Para melhorar o entendimento, a figura abaixo mostra uma telerradiografia com pontos e planos demarcadas.

Figura 1 - Pontos e planos cefalométricos



Fonte: Software de Cefalometria Computadorizada Cfaz.net, 2020

Ao resultado das mensurações desses pontos e planos damos o nome de fatores cefalométricos. Esses fatores, juntamente com as respectivas normas e desvios padrões, são normalmente apresentados em uma tabela de resultados.

A figura abaixo mostra parte de uma tabela de fatores proposta por Ricketts.

² VILLELA, Oswaldo de Vasconcellos. Manual de Cefalometria. 4ª Edição. Editora Revinter 2017.

Figura 2 - Conjunto de fatores cefalométricos de Ricketts

#	Descrição	Valor	Padrão
Campo I - Problemas Dentários			
1	Relação Molar	-1.36 mm	-3.0 ± 3.0
2	Relação Canina	0.168 mm	-2.0 ± 3.0
3	Trespasse Horizontal do Incisivo (Overjet)	2.736 mm	2.5 ± 2.5
4	Trespasse Vertical do Incisivo (Overbite)	2.587 mm	2.5 ± 2.0
5	Extrusão do Incisivo Inferior	1.68 mm	1.25 ± 2.0
6	Ângulo Interincisivo	135.332 gr	130.0 ± 6.0

Fonte: Software de Cefalometria Computadorizada Cfaz.net, 2020

Ao conjunto de pontos, planos e fatores observados damos o nome de análise cefalométrica.

A partir da década de 60 computadores começaram a ser utilizados para marcar esses pontos de forma digital, permitindo assim que as medidas e cálculos pudessem ser computadas instantaneamente³. A utilização de computadores contribuiu para a popularização da técnica cefalométrica, que hoje é largamente utilizada no mercado de odontologia.

Os avanços tecnológicos no ramo da inteligência artificial, especialmente no campo da visão computacional, têm oferecido recursos e ferramentas para auxiliar especialistas na execução das mais diversas atividades. Na área da saúde, redes neurais são uma parcela desse ferramental que possibilita a realização de exames que, até então, exigiam a atuação de um especialista. Os resultados obtidos com a utilização da inteligência artificial são promissores e vêm sendo largamente adotados. Entretanto, essa prática carece de comprovação de resultados com o rigor científico necessário.

Nesse sentido, o presente trabalho avalia de forma quantitativa se o exame realizado por sistemas automatizados - que aplicam redes neurais convolucionais regionais, RCNNs, para identificação de pontos cefalométricos na telerradiografia - se compara ao de especialistas.

Metodologia

A inteligência artificial avaliada neste trabalho foi desenvolvida pela empresa Cfaz.net. Ela utiliza um modelo Mask RCNN⁴ para implementar o estado da arte de técnicas

³ PAIVA, Helson José de. et al. Noções e Conceitos Básicos em Oclusão, Disfunção Temporomandibular e Dor Orofacial. Livraria Santos Editora, 2008

⁴ HE, Kaiming; GKIOXARI, Georgia; DOLLÁR, Piotr; GIRSHICK, Ross. Mask R-CNN. Arxiv 2018.

de visão computacional para identificação das estruturas anatômicas relevantes que são então processadas a fim de determinar a localização dos pontos cefalométricos⁵.

Para realizar o estudo selecionamos uma telerradiografia obtida com o aparelho Pax-i da empresa Vatech. A radiografia escolhida é de um paciente adulto com dentição permanente completa e sem nenhum tipo de anomalia óssea.

Foram selecionados 04 (quatro) especialistas que atuam no mercado de radiologia odontológica para realizar o exame de traçado cefalométrico. Esses exames foram feitos utilizando marcação manual de pontos disponível no software de análise cefalométrica Cfaz.net. Para definir os pontos cefalométricos analisados, utilizamos a literatura das análises de USP, McNamara e Ricketts. Escolhemos essas análises pois elas são as análises mais utilizadas no Brasil, responsáveis por quase 80% de todas as análises feitas, segundo levantamento realizado pelo Cfaz.net⁶.

A figura abaixo mostra os dados obtidos com Cfaz.net. Nela podemos ver todos pontos marcados pelos especialistas e pela inteligência artificial sobre a telerradiografia e na forma de tabela.

Figura 3 - Pontos marcados na telerradiografia

number		name	x	y	especialist
0	2	N - Násio	575.395	252.892	Especialista 2
1	3	Or - Orbital	532.841	366.369	Especialista 2
2	11	Po - Pório	177.813	403.444	Especialista 2
3	13	Ba - Básio	183.567	485.013	Especialista 2
4	17	Co - Condílio	209.103	419.371	Especialista 2
...
240	35	P' - Ponto P Linha	605.151	479.608	Automático
241	89	V - Ponto V	560.018	745.430	Automático
242	90	T - Ponto T	570.434	672.459	Automático
243	91	Tuber - Tuber	372.544	533.467	Automático
244	92	Pi - Protuberância Incisal	619.038	559.528	Automático



Fonte: Produzido pelo autor, 2020

Não existe uma maneira de definir a posição correta de um ponto cefalométrico, visto que a marcação do ponto depende da interpretação da radiografia pelo especialista. Então, para determinar a qualidade da marcação de pontos feita por cada especialista foi criada uma referência própria, obtida através da média aritmética obtida com os pontos marcados por todos os especialistas.

⁵ GULLER, Riza Alp; NEVENORA, Natalia; KOKKINOS, Iasonas. DensePose: Dense Human Pose Estimation In The Wild.

⁶ Miranda, Germano Teixeira de. Análises cefalométricas mais pedidas no Brasil

Utilizamos essa referência para determinar o erro de cada ponto marcado pelos especialistas e pela inteligência artificial. Esse erro foi calculado pela distância euclidiana em milímetros do ponto marcado até o ponto de referência.

Na figura abaixo podemos ver cada ponto com seu respectivo erro em milímetros.

Figura 4 - Erro de cada ponto cefalométrico

	number	name	x	y	especialist	error_px	error_mm
0	2	N - Násio	575.395	252.892	Especialista 2	4.606669	1.044071
1	3	Or - Orbital	532.841	366.369	Especialista 2	9.500247	2.153167
2	11	Po - Pório	177.813	403.444	Especialista 2	9.374026	2.124560
3	13	Ba - Básio	183.567	485.013	Especialista 2	5.729195	1.298483
4	17	Co - Condílio	209.103	419.371	Especialista 2	4.062192	0.920669
...
240	35	P' - Ponto P Linha	605.151	479.608	Automático	4.492272	1.018143
241	89	V - Ponto V	560.018	745.430	Automático	1.492175	0.338191
242	90	T - Ponto T	570.434	672.459	Automático	5.003505	1.134011
243	91	Tuber - Tuber	372.544	533.467	Automático	19.868154	4.502983
244	92	Pi - Protuberância Incisal	619.038	559.528	Automático	12.875595	2.918167

Fonte: Produzido pelo autor, 2020

Com o erro individual de cada ponto, podemos então somá-lo aos erros obtidos em cada ponto, de modo que esse somatório representa o erro total da análise cefalométrica. Fazendo isso, podemos ver a dimensão do erro total cometido por cada especialista e pela inteligência artificial, o que nos leva a um número permite fazer a comparação de resultados.

Resultados

O somatório do erro obtido por cada um dos especialistas e pela inteligência artificial, foi colocado em ordem numa tabela para observarmos o erro total obtido por cada um deles.

Figura 5 - Erro acumulado por especialista

	sum_error
especialist	
Especialista 1	73.464307
Especialista 2	80.369006
Automático	82.879380
Especialista 4	83.255594
Especialista 3	100.385631

Fonte: Produzido pelo autor, 2020

Conclusão

Os resultados nos mostram que a inteligência artificial teve resultado melhor que 50% dos especialistas avaliados. Além disso, observando o valor do erro acumulado, concluímos que os valores foram muito próximos entre si. Ou seja, o traçado automático se mostrou eficiente para realização de exames de análise cefalométrica para o recorte proposto no trabalho.

Ressaltamos que o presente estudo contou apenas com uma radiografia de paciente em idade adulta, com dentição permanente completa e sem qualquer tipo de anomalia óssea. Fatores como dentição mista, dentes ausentes, traumas e demais anomalias não foram incluídos, pois o modelo de marcação de pontos do software avaliado não se propôs a identificar essas particularidades, não devendo ser, portanto, utilizado nesses casos.

Contudo, a comprovação de que a inteligência artificial é capaz de obter resultado similar ao de especialistas para o recorte levantado é relevante, pois este representa a maioria dos exames odontológicos realizados pelas clínicas de radiologia no Brasil.

Código Fonte

O código fonte utilizado para o desenvolvimento da pesquisa está disponível em:

<https://github.com/germanotm/confiabilidade-tracado-automatico>

Referências

VILLELA, Oswaldo de Vasconcellos. **Manual de Cefalometria**. 4ª Edição. Editora Revinter 2017.

PAIVA, Helson José de. *et al.* **Noções e Conceitos Básicos em Oclusão, Disfunção Temporomandibular e Dor Orofacial**. Livraria Santos Editora, 2008.

HE, Kaiming; GKIOXARI, Georgia; DOLLÁR, Piotr; GIRSHICK, Ross. **Mask R-CNN**. Arxiv 2018. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1703.06870>. Acesso em 20 de novembro de 2020.

GULLER, Rıza Alp; NEVENORA, Natalia; KOKKINOS, Iasonas. **DensePose: Dense Human Pose Estimation In The Wild**. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1802.00434>. Acesso em 20 de novembro de 2020.

MIRANDA, Germano Teixeira de. **Análises cefalométricas mais pedidas no Brasil**. Disponível em:

<https://docs.google.com/document/d/1XIOZNhF9PXT4KCkleQms2BZbg7q2yhdPg1DfBO1kzhE/edit#heading=h.2nhmg6kmnub9>. Acesso em 29 de novembro de 2020.