

Protocolo de Revisão Sistemática

Título	Uma revisão sistemática atualizada do registro de nuvens de pontos 3D
Título (em Inglês)	<i>An up-to-date systematic review of 3D point cloud registration</i>
Responsáveis pela revisão	Polycarpo Souza Neto, George André Pereira Thé e José Marques Soares.
Descrição do problema	Nuvens de pontos são dados compostos por informações espaciais em 3 dimensões. Esse tipo de dado apresenta baixa sensibilidade a situações de baixa iluminação durante aquisição e oclusões parciais se comparados com as imagens bidimensionais. O uso de dados dessa natureza vem crescendo, fruto do surgimento de equipamentos modernos e baratos para aquisição, bem como <i>frameworks</i> para tratamentos dos dados, por exemplo a PCL (<i>Point cloud library</i>). Com isso, uma das aplicações que se beneficiou dessa disseminação de equipamentos e novas ferramentas foi o registro de nuvens de pontos . Para tal, faz-se necessária uma síntese atualizada das publicações da área com o intuito de esclarecer questões de pesquisa em aberto.
Objetivo	Investigar as técnicas propostas entre 2017 e 2019 para registro de nuvens de pontos 3D, enfatizando os seguintes aspectos e suas relações: dados utilizados, pré-processamentos efetuados, informação de parâmetros e protocolos experimentais, para descrever técnicas e formas de avaliação. (aspectos metodológicos).

Questões de pesquisa

Quais técnicas de pré-processamento são comumente utilizadas?
Quais tipo de técnicas são aplicadas?
Quais a metodologia de experimentação adotada?
Quais as oportunidades de pesquisa?

Palavras-chave	Sinônimos e variações
3D	3-D Three dimensional
Registration	Matching Alignment
Point cloud	Point-set
Iterative closest point	icp

Estratégia de busca

Pesquisa automatizada nas bases de dados bibliográficas eletrônicas: *IEEE Xplore*, *SPIE Library*, *Scopus* e o *Isi Web of Science* (WoS).

Bases	Justificativa
<i>IEEE Xplore</i>	Por serem quatro bancos de dados (bibliotecas/ motores de busca) de pesquisa para descoberta e acesso a artigos de periódicos e anais de congressos em ciência da computação, engenharia elétrica e eletrônica e áreas afins, contemplam bases ideais para a busca sobre o tema do trabalho. Em especial o <i>IEEE</i> e a <i>SPIE</i> são bases que indexa os primeiros trabalhos sobre o <i>Iterative Closest Point</i> (ICP), que é o algoritmo clássico e mais usado na literatura, bem como suas variantes. No caso do <i>Web of Science</i> , este indexa artigos relevantes e que fazem parte dos artigos de controle desta revisão. De forma geral, as quatro são assinadas pelo portal de Periódicos da CAPES.
<i>SPIE Digital Library</i>	
<i>Scopus</i>	
<i>Isi Web of Science</i> (WoS).	

String de busca genérica

("3D" OR "3-D" OR "Three dimensional") AND ("registration" OR "matching" OR "alignment") AND ("point cloud" OR "point-set") AND ("icp" OR "iterative closest point"))

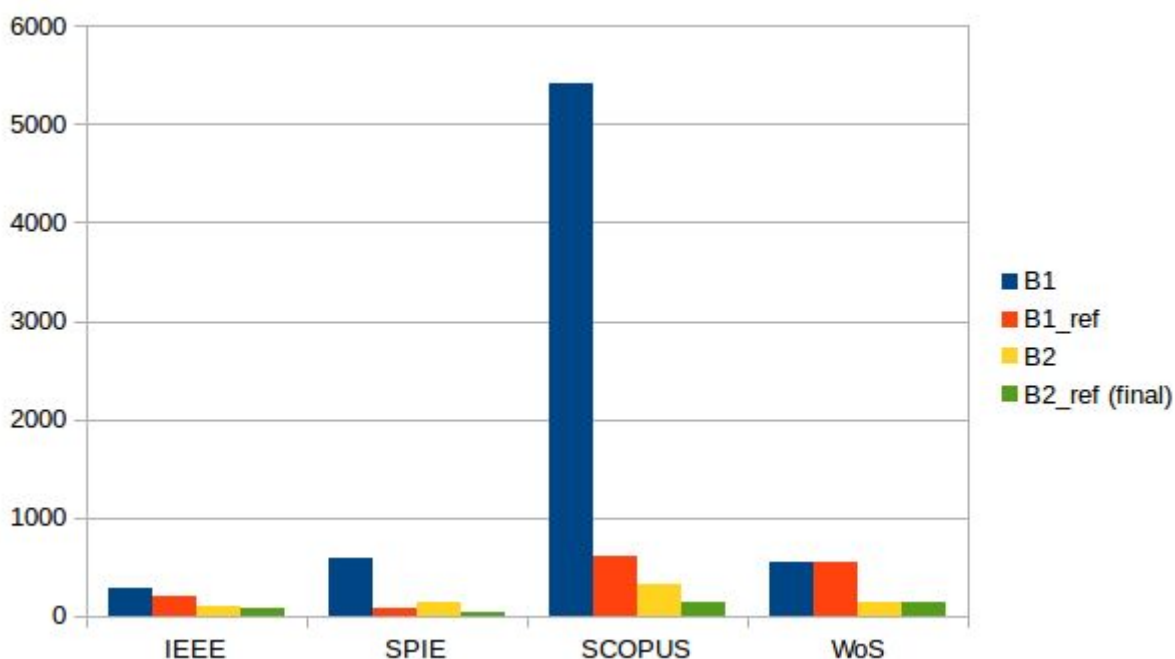
String de busca por Bases

<i>IEEE Xplore</i>	("3D" OR "3-D" OR "Three dimensional") AND ("registration" OR "matching" OR "alignment") AND ("point cloud" OR "point-set") AND ("icp" OR "iterative closest point") Filters Applied: image registration image matching pose estimation 2017 - 2019 - Conferences (62) Journals & Magazines (14) Trabalhos reportados: 76
--------------------	--

<i>SPIE Digital Library</i>	("3D" OR "3-D" OR "Three dimensional") AND ("registration" OR "matching" OR "alignment") AND ("point cloud" OR "point-set") AND ("icp" OR "iterative closest point") Refinamento: Journal Article/ Conference Proceedings/ Paper/ 2017-2019 /Image registration Trabalhos reportados: 42
<i>Scopus</i>	TITLE-ABS-KEY (("3D" OR "3-D" OR "Three dimensional") AND ("registration" OR "matching" OR "alignment") AND ("point cloud" OR "point-set") AND ("icp" OR "iterative closest point algorithm")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Iterative Closest Point Algorithm") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Image Registration") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Point Cloud Registration") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Registration") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Iterative Closest Points")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "p") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "j")) Trabalhos reportados: 137
<i>Isi Web of Science (WoS)</i>	(("3D" OR "3-D" OR "Three dimensional") AND ("registration" OR "matching" OR "alignment") AND ("point cloud" OR "point-set") AND ("icp" OR "iterative closest point")) Refinado por: IDIOMAS: (ENGLISH) AND TIPOS DE DOCUMENTO: (ARTICLE OR PROCEEDINGS PAPER) Tempo estipulado: 2017-2019. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI. Trabalhos reportados: 131

Trabalhos recuperados por busca

Obs.: As buscas B1 e B2 são as buscas mais simples. Na busca B1 a string é a mais genérica possível, sem a inclusão dos termos AND ("point cloud" OR "point-set") AND ("icp" OR "iterative closest point"). Onde existe B1_ref e B2_ref pode ficar entendido que são as buscas refinadas sobre as buscas padrões, onde B2_ref é a busca final.



Total de trabalhos recuperados: 387 Sem duplicados:280

Crêterios de seleção (Inclusão ou exclusão)

Inclusão

IC01- Estudo apresenta uma técnica de registro de nuvens de pontos (*point cloud*) 3D;

Exclusão

EC01- Estudo não apresenta IC01;

EC02- Estudo não está disponível em texto completo;

EC03 - Estudo apresenta apenas título e/ou *abstract* em inglês;

EC04- Estudo está duplicado;

EC05- Estudo foi publicado num período fora do *range* 2017-2019;

EC06- O tipo de dado utilizado no trabalho   2D ou 4D ou ainda a técnicas faz uso de uma combinação entre dados 2D/3D ou 3D/4D e suas variações;

EC07- O tipo de dado 3D não é de *point cloud*;

EC 08 - Estudo faz uso de uma técnica de registro em seu *pipeline*, porém o foco do trabalho é a aplicação (por exemplo);

EC 09- Estudo é uma descrição do curso ou nota de aula ou patente ou editorial ou tutorial ou pesquisa (Literatura cinzenta) ou *surveys* ou *reviews*;

Artigos de controle			
Artigo	Informações sobre o veículo		
TAZIR, M. Lamine et al. CICP: Cluster Iterative Closest Point for sparse–dense point cloud registration. Robotics and Autonomous Systems , v. 108, p. 66-86, 2018.	Fator de impacto: 2.809 Qualis (CAPES):A1 Engenharia IV	Computação	&&
LEI, Huan; JIANG, Guang; QUAN, Long. Fast descriptors and correspondence propagation for	Fator de impacto: 5.853		

robust global point cloud registration. IEEE Transactions on Image Processing , v. 26, n. 8, p. 3614-3623, 2017.	Quartil: Q1 11/132 Computação && Q1 24/260 Engenharia elétrica Qualis (CAPES): A1 Computação && Engenharia IV
PETRICEK, Tomas; SVOBODA, Tomas. Point cloud registration from local feature correspondences—Evaluation on challenging datasets. PloS one , v. 12, n. 11, p. e0187943, 2017.	Fator de impacto: 2.766 Quartil: Q1 15/64 Multidisciplinar Qualis (CAPES): B2 Computação && B1 Engenharia IV
ZHOU, Yiqiong et al. Multiple point sets registration based on Expectation Maximization algorithm. Computers & Electrical Engineering , v. 70, p. 1-11, 2018.	Fator de impacto: 1.781 Quartil: Q2 20/52 COMPUTER SCIENCE, HARDWARE & ARCHITECTURE Qualis (CAPES): A2 Engenharias IV

Processo de seleção

Seleção dos estudos primários	As referências recuperadas pelo resultado da busca nas quatro bases de dados são adicionadas a um repositório no Mendeley. Cada estudo receberá um código único (EP*: XXX*). Cada estudo está contido num processo de seleção preliminar e pode ser listado no processo final de seleção. O que dirá sua pertinência ao estudo serão os critérios do item anterior. (EP*-> Significa estudo primário / XXX*-> Número do EP)
Seleção preliminar	A seleção preliminar é realizada por meio da leitura dos títulos e resumos dos documentos. Esse procedimento permite a eliminação de documentos que claramente não se enquadram no perfil desejado da revisão e reduz o número de artigos a serem avaliados por meio da leitura na íntegra na fase seguinte de seleção.
Seleção Final	O processo final de seleção consiste na avaliação de todos os estudos aceitos na seleção preliminar, pela leitura de da introdução, metodologia, (discussões) resultados e conclusão.

Formulário de extração

Os estudos selecionados para revisão passam pelo seguinte formulário de extração de dados.

<i>Dados a serem extraídos</i>	<i>Descrição</i>
1. Metadados	Título, autores, ano de publicação e motor/base.
2. Pré-processamentos	Métodos de sub-amostragem, tratamento de ruído e <i>outliers</i> , etc.
3. Tipos de técnicas aplicadas	
3.1 Natureza da proposição	Se é uma técnica densa ou esparsa. (Classificar de forma binária as técnicas)
3.2 Método de otimização do registro	Informação sobre a presença de um método de otimização presente no <i>pipeline</i> de registro.
3.3 Método de otimização do custo computacional	Reportar em caso de existência qual a métrica de otimização utilizada no âmbito de prover redução do custo computacional.
4. Metodologia de experimentação	
4.1 Bancos de dados 3D	Banco de dados utilizado nos experimentos (podem ser mais de um por trabalho).
4.2 Amostragem dos dados	Subconjunto dentro de um vasto banco de dados que foi empregado para avaliação da técnica.
4.3 Parâmetros utilizados	Se existe a disponibilização de parâmetros para um dado conjunto de experimentos.
4.4 Avaliação do registro	Mostrar quais métricas (avaliação quantitativa) e quais técnicas de comparação foram submetidos os métodos propostos.
5. Oportunidades de pesquisa	O tema de registro de nuvens de pontos é relevante, possuindo uma vasta quantidade de publicações na área. No entanto, este domínio apresenta várias ramificações, sendo que após a revisão sistemática espera-se que seja avaliado e constatados alguns assuntos que são de importância para auxílio de novas proposições ou melhorias nos algoritmos da área.

Sumarização dos dados

Metadados	Pela extração de alguns atributos no item 1 será possível elencar por meio de um gráfico quantos trabalhos foram reportados por cada motor de busca e seu ano de publicação. Essa avaliação tem um caráter histórico e de indexação dos trabalhos.
------------------	--

Pré-processamentos	Listar e elencar através de gráficos quais os pré-processamentos mais frequentes são aplicados nos dados a serem registrados e quais as técnicas especificamente são usadas para cada tipo de pré-processamento. Isso será possível pela avaliação dos dados extraídos no item 2 do formulário de extração.
Otimização	Listar e apresentar em forma de gráfico e/ou tabela as informações extraídas dos sub-itens 3.1, 3.2 e 3.3 do formulário de extração que tratam da natureza das técnicas, a otimização que leva a um bom registro e a forma de redução do custo computacional.
Metodologia de experimentação	Neste tópico serão novamente listados os dados extraídos, elencando por meio de gráficos quais as principais bases utilizadas para registro (4.1), por meio de uma tabela apontar quais os subconjuntos de dados utilizados por cada estudo (4.2), por meio de um gráfico mostrar a existência da disponibilização dos parâmetros globais utilizados (4.3) e através de gráfico e tabela expor as métricas de avaliação (mostrando inclusive a formulação e uma breve explanação do conceito da métrica) e os algoritmos mais utilizados para comparação (4.4).
Oportunidade de pesquisa	Aqui serão discutidas as falhas encontradas em cada um dos trabalhos e apontadas as possíveis melhorias e eventuais questões de pesquisa ainda em aberto.