



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PELOTAS
Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação

Revisão de Artigo: Automatic Detection of Urban Features from Wheelchair Users' Movements

Disciplina: Sistemas Distribuídos

Pedro Tavares

Prof. Dr. Adenauer Corrêa Yamin

Pelotas, 16 de maio de 2020

Autores

- **D.r Gabriele Civitarese** - Pesquisador no Departamento de Ciência de Computação da *Universidade de Milão (UNIMI)*. PhD em Ciência da Computação e membro do laboratório de pesquisa *EveryWare Lab*;
- **D.r Sergio Mascetti** - Professor Adjunto do Departamento de Informática da *Universidade de Milão (UNIMI)*. Diretor-chefe de Tecnologia da *EveryWare Technologies*;
- **D.r Claudio Bettini** - Professor Titular do Departamento de Informática da *Universidade de Milão (UNIMI)* e membro do laboratório de pesquisa *EveryWare Lab*;
- **Prof. Alberto Butifar** - Professor Adjunto do Departamento de Matemática da *Universidade de Milão (UNIMI)*;

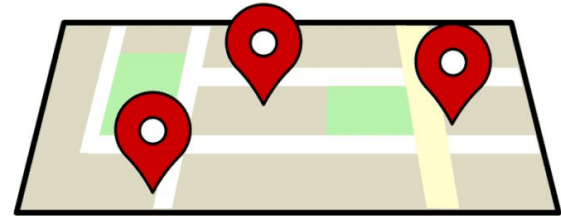
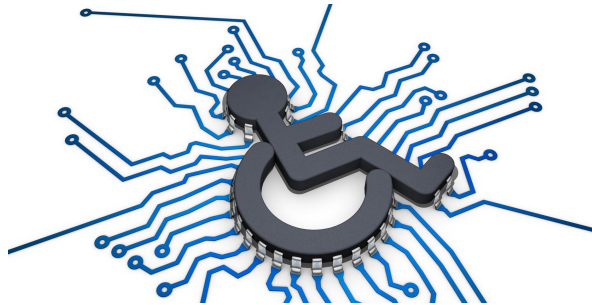
Autores

- **EveryWare Lab** - Laboratório de pesquisa associado ao Departamento de Ciência da Computação da *Universidade de Milão (UNIMI)*.

Áreas de pesquisa: computação móvel e pervasiva, ciência de contexto, privacidade de dados, reconhecimento de atividade humana, monitoramento de comportamento em *smart-homes*;

Tema do Artigo

- Apresentar uma solução de navegação urbana para cadeirantes através de crowdsourcing automático de dados de sensores inerciais, permitindo inferência de possíveis obstáculos georreferenciados.



Problema e Justificativa

- Um sistema de indicação de rotas para pessoas com deficiência de mobilidade requer o conhecimento de características urbanas como desníveis, rampas, degraus ou outros obstáculos ao longo da trajetória.
- Uma vez que estes recursos urbanos não estão disponíveis nos mapas e mudam no tempo, o crowdsourcing dessas informações dos usuários finais é uma solução escalável e promissora.
- O crowdsourcing com intervenção direta do usuário não é uma maneira eficiente, especialmente considerando cadeirantes;

Contribuições Propostas

1. Sistema *MovingWheels*, como solução para o difícil problema de detectar características urbanas baseadas nos movimentos das cadeiras de rodas;
2. Detalha a solução técnica para o reconhecimento das características urbanas que inclui: coleta dos dados, identificação (*labeling*), extração de características e classificação através de técnicas de aprendizado de máquina supervisionado;
3. Validação do sistema através de extensa experimentação utilizando dados reais coletados de cadeiras de rodas em ambientes externos;

Sistema MovingWheels

- Sistema de navegação urbana sensível ao contexto com o objetivo de fornecer instruções de navegação para cadeirantes de acordo com suas necessidades e limitações.
- O sistema deve computar as rotas através de mapas e informações detalhadas de características urbanas que podem ser potenciais obstáculos para a navegação.
- A aquisição dessas informações também fazem parte do escopo do sistema.

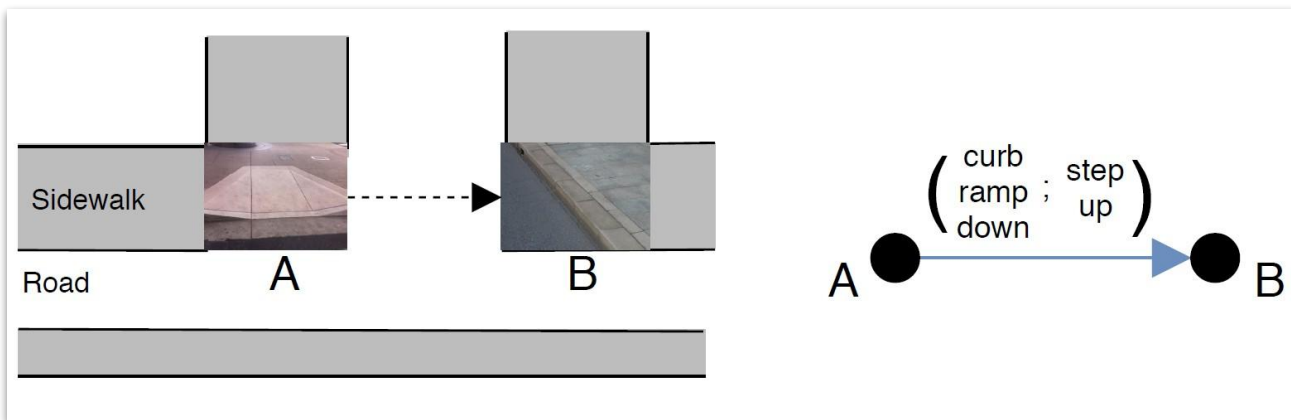
Sistema MovingWheels

- Aplicativo móvel permite ao usuário configurar preferências a respeito de características urbanas a serem evitadas ou evitadas se possível:

- small-step-up: avoid if possible
- small-step-down: no problem
- medium-step-up: avoid
- medium-step-down: avoid if possible

Sistema MovingWheels

- Servidor representa a malha urbana com um grafo orientado onde cada nó é identificado com características que os usuários encontrarão ao passar com a cadeira por esses pontos.

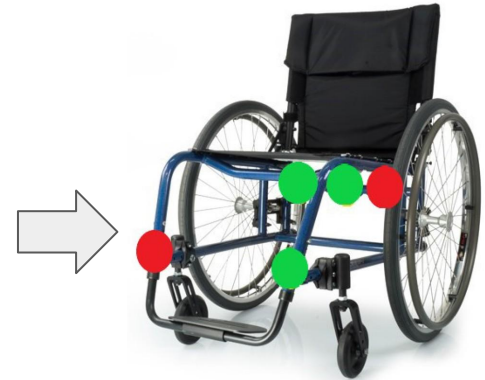
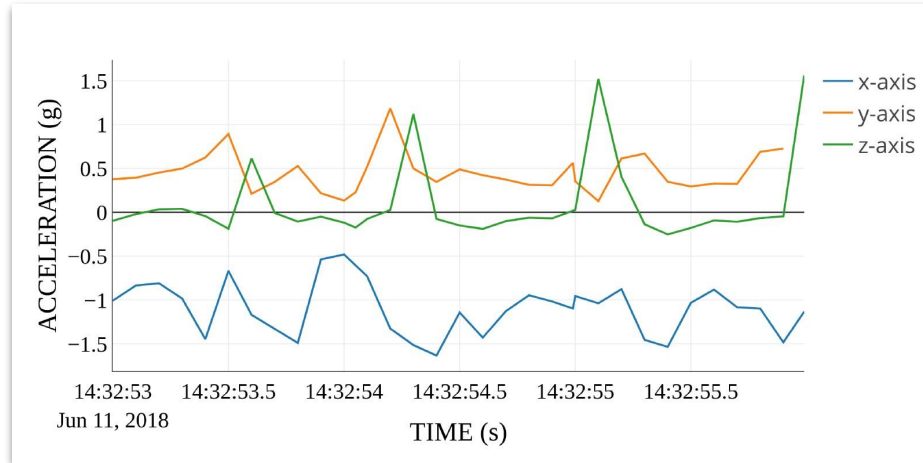


Sistema MovingWheels

- Para preencher os grafos, várias opções foram consideradas:
 - a. base de dados georreferenciadas já existentes;
 - b. preenchimento manual pelo usuário final ou voluntários;
 - c. dados extraídos automaticamente de bases de imagens geoespaciais, através de técnicas de visão computacional;
- A solução proposta por este trabalho foca em capturar esses dados através de contribuição colaborativa (crowdsourcing) pelos cadeirantes, automaticamente através de sensores, sem necessitar de intervenção humana;

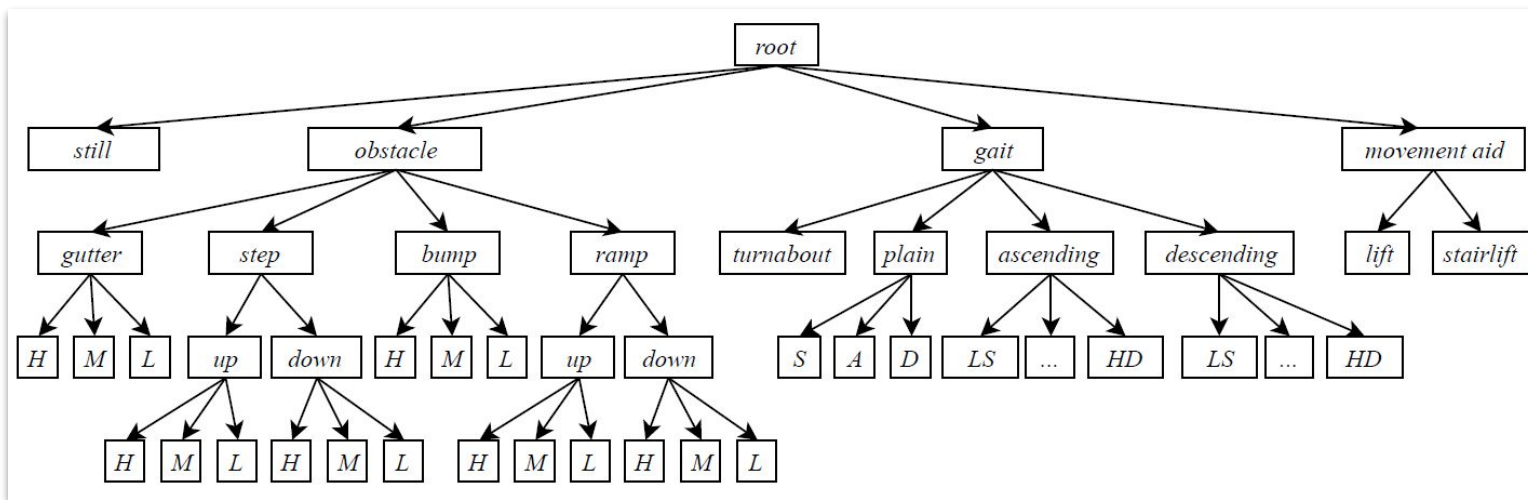
Sistema MovingWheels

- **Sensoriamento**

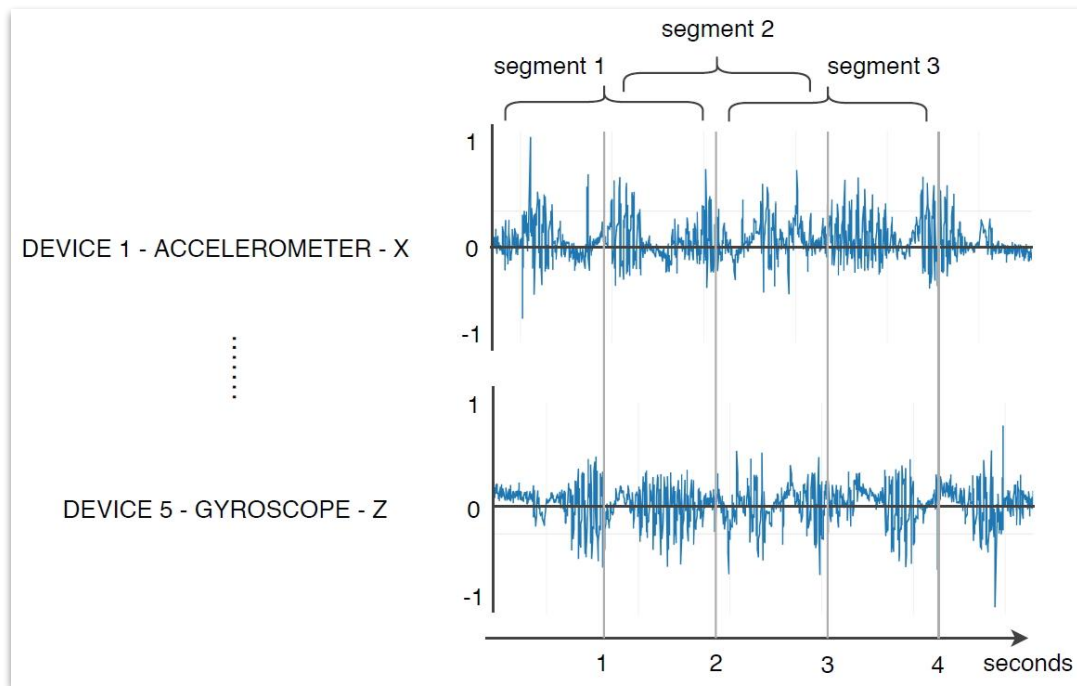


Sistema MovingWheels

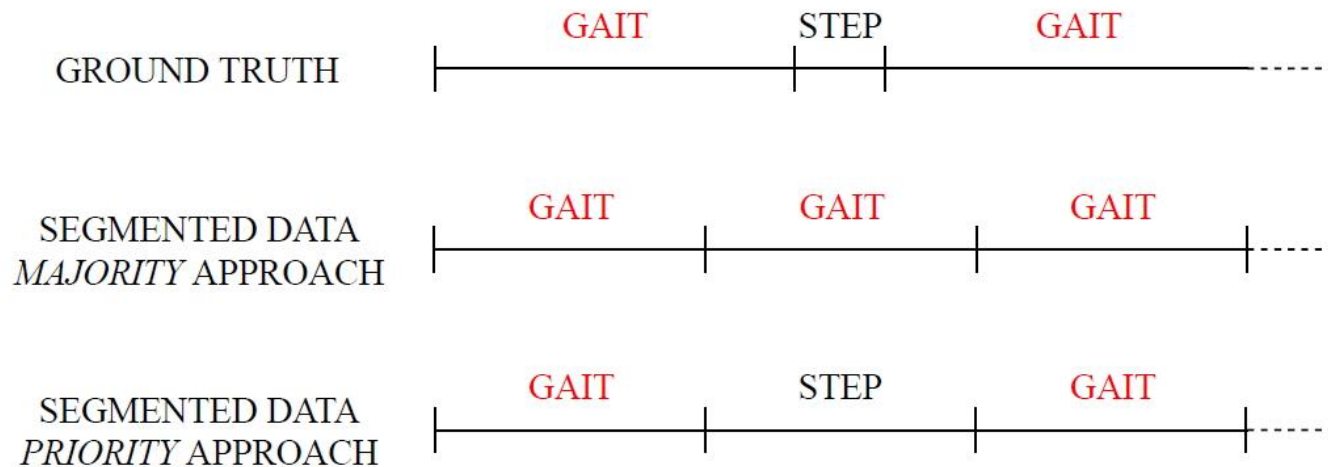
- Características urbanas de interesse



Detecção Automática das Características

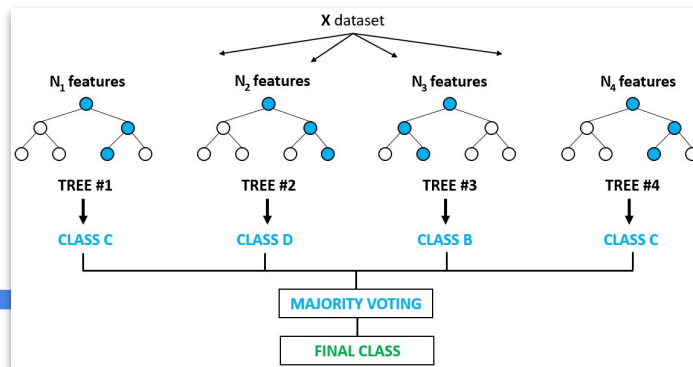


Detecção Automática das Características



Detecção Automática das Características

- As leituras são usadas como entrada em um algoritmo de aprendizado de máquina;
 $46 \times 3 \times 3 = 414$ (dados de entrada)
- Foram testados vários algoritmos (Multinomial Naive Bayes, SVM, Random Forest and Multilayer Perceptron);
- Melhor resultado: Random Forest (um classificador para cada nível da árvore);

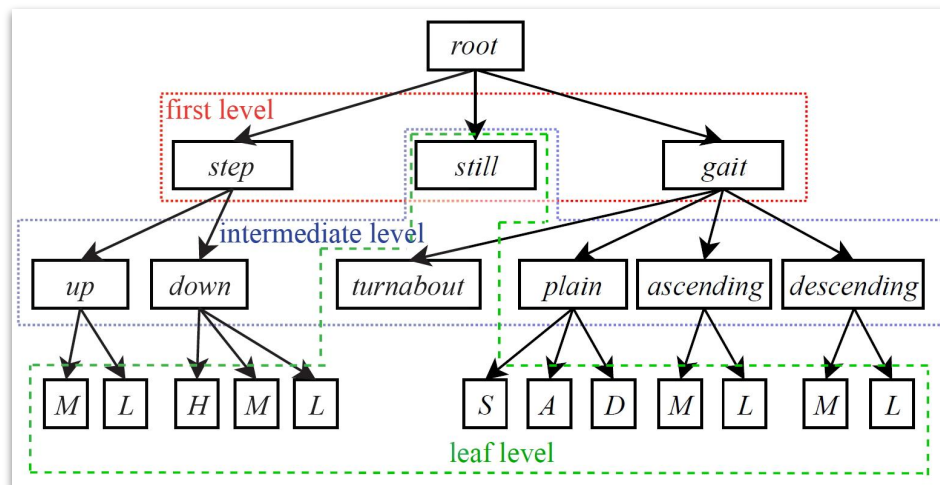


Validação da Proposta

- A coleta de dados, treinamento do classificador e validação do projeto foram feitos em um ambiente externo controlado. A pista pertence a uma ONG que auxilia com problemas de mobilidade e possui uma série de obstáculos urbanos comuns, como degraus, rampas, desníveis, etc;
- A coleta de dados envolveu 10 cadeirantes voluntários (entre 20 e 30 minutos cada);
- Cada dado coletado foi marcado com um timestamp e a anotação de dados foi feita através da gravação de vídeos;

Validação da Proposta

- Utilizou-se nove datasets para treino e um para teste;
- Para fins de demonstração, dividiu-se as características urbanas em graus de granularidade conforme o nível da árvore:



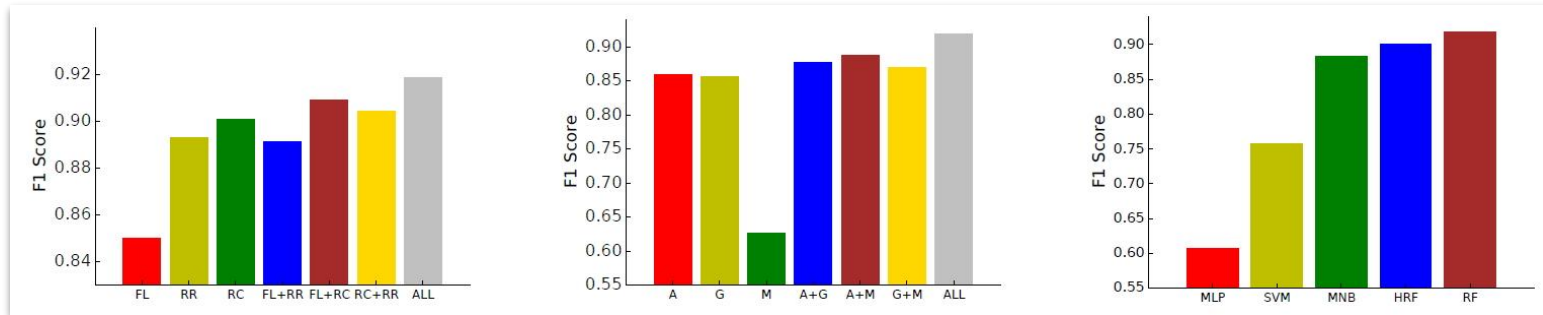
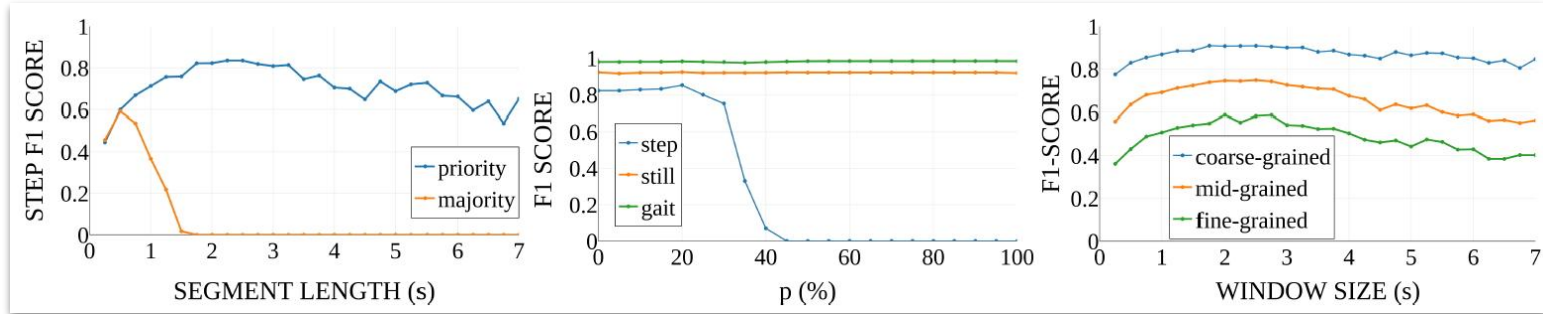
Validação da Proposta

- Melhor resultado:
 - classificador *Random Forest*;
 - utilizando os 3 sensores inerciais (cada um com acelerômetro, giroscópio e magnetômetro);
 - tamanho da janela “L” = 2 seg. e *overlap* “o” = 50%;
 - marcação de segmentos por Prioridade com $p = 20\%$;

Class	Precision	Recall	F1 score
<i>Obstacle</i>	0.893	0.814	0.851
<i>Gait</i>	0.978	0.986	0.981
<i>Still</i>	0.935	0.912	0.923

Class	Precision	Recall	F1 score
<i>Step-up</i>	0.847	0.727	0.783
<i>Step-down</i>	0.892	0.847	0.869
<i>Plain-gait</i>	0.807	0.945	0.871
<i>Gait-ascending</i>	0.833	0.568	0.675
<i>Gait-descending</i>	0.737	0.308	0.434
<i>Gait-turnabout</i>	0.806	0.669	0.731

Validação da Proposta



Trabalhos Relacionados

- Soluções comerciais:
 - *Mappillary* - detecção de características por imagens
 - *Route4U* (Budapeste) e *Kimap* (algumas cidades da Itália)
 - *Kimap* e *WeMap* - crowdsourcing com intervenção direta do usuário
- Trabalhos científicos:

Com relação à detecção de características têm-se duas abordagens:

 - *Crowdsourcing* com intervenção do usuário:
 - K. Hara (2015);
 - M. Saha (2017);

Trabalhos Relacionados

- Detecção automática de características:
 - Visão computacional por câmera:
 - S. Mascetti (2016);
 - D. Ahmetovic (2016);
 - Imagens de satélite:
 - D. Ahmetovic (2017);
 - Sensores inerciais (usuário caminhando):
 - A. Bujari (2012);
- Reconhecimento de atividade através de sensores inerciais de dispositivos móveis e *wearables*:
 - M. Shoaib (2015), G. M. Weiss (2016), T. Brezmes (2009)
- Reconhecimento de atividades em cadeirantes:
 - C. Ma (2017) - almofadas inteligentes
 - M. Ren (2012)

Conclusão e Trabalhos Futuros

- Foi demonstrado que o sistema proposto de crowdsourcing automático de dados de características urbanas através sensores inerciais é eficaz.
- **Trabalhos futuros:**
 - Ampliar o experimento para incluir a detecção de um número maior de características utilizando para o teste uma região urbana maior e real (fora do ambiente controlado);
 - Desenvolver um aplicativo móvel implementando a técnica proposta para que a classificação possa ser executada em tempo real, o que incluiria pesquisas na área de aprendizado de máquina ativo;

Referências

- [1] G. Civitaresse, S. Mascetti, A. Butifar and C. Bettini, "**Automatic Detection of Urban Features from Wheelchair Users' Movements**," 2019 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom, Kyoto, Japan, 2019, pp. 1-10, doi: 10.1109/PERCOM.2019.8767422.

