

Determining the Number of Stops and Recharging Time for Electric Vehicle Trips Using GIS and k-Means Clustering

Por Arielle Elias Arantes, Bruno Athayde Prata e Vilmar Felipe Ricardo Bomfim

Fonte: OpenAlex · UFC · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
8/10	9/10	8/10	Média

Este estudo da UFC propõe uma metodologia inovadora que combina GIS e k-means clustering para otimizar o número de paradas e o tempo de recarga para veículos elétricos em viagens de longa distância. A pesquisa demonstra a necessidade de calibrar os resultados do clustering (baseados em preferências de usuários) com modelos físicos baseados em distância para garantir precisão operacional. Aplicado a rodovias do Ceará, o trabalho oferece um caminho prático para mitigar a 'ansiedade de autonomia' e acelerar a adoção de VEs, com implicações diretas para o planejamento de infraestrutura, desenvolvimento de startups e políticas públicas.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

EVChargeSmart: Uma startup de SaaS que oferece uma plataforma de planejamento de infraestrutura e rotas para VEs. Utilizando a metodologia proposta (GIS, k-means calibrado com modelos físicos), a plataforma auxiliaria empresas de energia e governos a identificar os locais mais estratégicos para novas estações de recarga e forneceria aos usuários de VEs rotas otimizadas com paradas de recarga precisas e eficientes.

Aplicações práticas

Desenvolvimento de aplicativos de planejamento de rotas para VEs, otimização da localização de estações de recarga por empresas de energia e infraestrutura, suporte à decisão para frotas elétricas e subsídio para políticas públicas de incentivo e expansão da infraestrutura de recarga.

Potencial de mercado

Alto potencial de mercado no setor de mobilidade elétrica em rápida expansão. A solução aborda um ponto crítico de dor (ansiedade de autonomia) para proprietários de VEs e operadores de frotas, abrindo oportunidades para serviços de planejamento de rotas, consultoria de infraestrutura e desenvolvimento de software para cidades inteligentes e logística verde.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

A principal barreira para a adoção generalizada de veículos elétricos (VEs), especialmente em viagens de longa distância, é a autonomia limitada da bateria. Isso gera a necessidade de determinar de forma eficiente o número, a duração e a localização estratégica das paradas para recarga.

Metodologia

A metodologia desenvolvida utiliza análise de k-means clustering para determinar o número de paradas e tempos de recarga, com a visualização das estações propostas em um framework GIS. Dados quantitativos de questionários com 24 especialistas em transporte foram integrados. O método foi aplicado em três rotas rodoviárias principais no Ceará, e os resultados do clustering foram subsequentemente calibrados com um modelo linear baseado em distância para maior precisão.

Principais descobertas

O k-means clustering inicialmente sugeriu três paradas com 28 minutos de recarga, mas análises posteriores revelaram que esse tempo era uma superestimação em comparação com um modelo linear mais preciso baseado na distância. O estudo conclui que, embora o clustering seja eficaz para agrupar preferências de usuários, seus resultados para parâmetros operacionais (como tempo de recarga) exigem calibração com equações fisicamente fundamentadas para um planejamento prático e eficiente de viagens e infraestrutura.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

O estudo pode informar agências governamentais (e.g., Secretarias de Infraestrutura, DETRAN) na formulação de políticas públicas para o planejamento estratégico e a alocação de recursos para a expansão da rede de recarga de VEs em rodovias estaduais e federais, especialmente no Ceará. Pode servir de base para diretrizes de incentivo à instalação de EVCSs e para a criação de um plano diretor de mobilidade elétrica.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Parceria entre a UFC e empresas de energia (e.g., Enel, Neoenergia) ou fabricantes de carregadores (e.g., WEG, EDP Smart) para aplicar e validar a metodologia em projetos-piloto de expansão da rede de recarga no Ceará. Outra oportunidade seria com empresas de logística para otimizar as rotas e a gestão de recarga de suas frotas elétricas.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

4 direções estratégicas identificadas

STARTUP · IMPACTO ALTO · SOFTWARE

EVChargeSmart - Plataforma de Otimização de Recarga para VEs

Desenvolvimento de uma plataforma SaaS que integra GIS, k-means e modelos físicos para oferecer planejamento de rotas otimizadas para VEs e consultoria para a localização estratégica de estações de recarga, visando consumidores, frotas e provedores de infraestrutura.

PARCERIA · IMPACTO ALTO · ENERGIA & INOVAÇÃO

Colaboração para Expansão da Rede de Recarga no Ceará

Parceria entre a UFC e grandes players do setor de energia ou mobilidade elétrica (e.g., Enel, EDP Smart, WEG) para aplicar a metodologia na identificação e planejamento de novos pontos de recarga em rodovias do Ceará, validando a solução em escala real.

POLÍTICA PÚBLICA · IMPACTO ALTO · GOVTECH

Diretrizes para Planejamento de Infraestrutura de VEs

Proposição de diretrizes e recomendações para órgãos governamentais (e.g., Secretaria de Infraestrutura do Ceará) baseadas na metodologia do estudo, para orientar o planejamento, investimento e regulação da infraestrutura de recarga de VEs em rodovias e áreas urbanas.

PRODUTO CORPORATIVO · IMPACTO MÉDIO · AUTOMAÇÃO

Módulo de Otimização de Frotas Elétricas

Desenvolvimento de um módulo de software para empresas de logística com frotas elétricas, que utilize a metodologia para otimizar rotas, gerenciar paradas de recarga e minimizar custos operacionais e tempo de inatividade dos veículos.

ABSTRACT ORIGINAL

The increasing adoption of electric vehicles (EVs) worldwide is driven by environmental concerns and the depletion of fossil fuels. Yet, the limited battery range remains a significant barrier to their widespread use, particularly for long-distance travel. This study addresses this challenge by developing a methodology to determine the number of recharging stops, their durations, and strategic locations for electric vehicle charging stations (EVCSs) using k-means clustering analysis, with proposed station locations visualized within a GIS framework. The method integrates quantitative data from questionnaires administered to transportation experts and professionals (N=24) and applies it to case studies across three major highway routes in Ceará, Brazil. The k-means clustering proposed a solution of three stops with a 28-minute recharge time; however, subsequent analysis revealed this time was an overestimate compared to a more precise, distance-based linear model. A key implication is that while clustering can group user preferences, its direct output for operational parameters like charging time can be imprecise. Therefore, we demonstrate the necessity of calibrating such models with physically-grounded equations to achieve practical and efficient trip planning. This approach highlights the importance of integrating user preference data with distance-based models to create more realistic EV infrastructure plans for long-distance corridors.

MATÉRIA PARA LEIGOS

Para leigos: Desvendando a Recarga de Veículos Elétricos em Viagens Longas no Ceará

O cenário atual

O uso de veículos elétricos (VEs) está crescendo em todo o mundo. Isso acontece por causa das preocupações com o meio ambiente e pela diminuição dos combustíveis fósseis. No entanto, a autonomia limitada da bateria ainda é um grande desafio para que esses veículos sejam mais usados, principalmente em viagens de longa distância.

O que os pesquisadores fizeram

Um estudo da Universidade Federal do Ceará (UFC) buscou resolver esse problema. Os pesquisadores Arielle Elias Arantes, Bruno Athayde Prata e Vilmar Felipe Ricardo Bomfim desenvolveram uma forma de planejar viagens de veículos elétricos. O objetivo é definir quantas paradas para recarga são necessárias, quanto tempo cada recarga deve durar e quais os melhores locais para as estações de recarga.

Para isso, eles usaram uma técnica chamada análise de agrupamento (k-means clustering). Os locais sugeridos para as estações foram visualizados em um Sistema de Informação Geográfica (GIS). A pesquisa integrou dados de questionários aplicados a 24 especialistas e profissionais da área de transporte. A metodologia foi testada em três importantes rodovias do Ceará.

Como funciona na prática

A metodologia criada pelos pesquisadores usa o agrupamento k-means para analisar os dados coletados. Esses dados vieram de entrevistas com 24 especialistas em transporte. O sistema então sugere onde as estações de recarga deveriam ser instaladas e por quanto tempo os veículos precisariam recarregar. O Sistema de Informação Geográfica (GIS) ajuda a mostrar esses locais de forma visual, em um mapa, facilitando o planejamento. O paper não detalha como um usuário comum interagiria com a ferramenta, mas sim a base técnica para o planejamento da infraestrutura.

Resultados e evidência

Com a análise de agrupamento k-means, a metodologia sugeriu que seriam necessárias três paradas para recarga. O tempo de recarga proposto inicialmente foi de 28 minutos. Contudo, uma análise mais detalhada revelou que esse tempo era uma estimativa alta. Um modelo linear, que considera a distância percorrida, mostrou que o tempo real de recarga seria menor e mais preciso.

Implicações práticas

Os resultados mostram que, embora a análise de agrupamento seja útil para entender as preferências dos usuários, ela pode não ser tão precisa para definir parâmetros operacionais, como o tempo exato de recarga. Por isso, o estudo destaca a necessidade de ajustar esses modelos com equações baseadas em dados físicos, como a distância. Essa combinação de dados de preferência dos usuários com modelos baseados na distância é essencial para criar planos de infraestrutura de veículos elétricos mais realistas e eficientes para viagens longas.

Limitações e próximos passos

O estudo aponta que a principal limitação do agrupamento k-means, quando usado isoladamente, é a imprecisão para determinar o tempo de recarga. Isso ressalta a importância de calibrar esses modelos com equações que considerem aspectos físicos, como a distância. O paper não detalha explicitamente os próximos passos, mas a necessidade de calibração sugere o aprimoramento contínuo da integração entre modelos de preferência e modelos baseados em distância para um planejamento ainda mais eficaz.

QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

Os autores deste estudo são Arielle Elias Arantes, Bruno Athayde Prata e Vilmar Felipe Ricardo Bomfim. Todos são da Universidade Federal do Ceará (UFC). O paper não detalha suas afiliações específicas dentro da universidade, vínculos prévios ou suas trajetórias profissionais além de serem os responsáveis por esta pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE

Cluster analysis · TRIPS architecture · Electric vehicle · Range (aeronautics) · Key (lock) · Battery (electricity) · Charging station · Geographic information system