



Pós-graduação em Sensoriamento Remoto População, Espaço e Meio-ambiente - SER 457-3

REVISÃO CRÍTICA DE ARTIGO:

Título: Avaliação da Equidade e Acessibilidade Espacial a Infraestruturas de Saúde Baseada em 2SFCA Aprimorada: Estudo de caso em Xi'an, China.

Data de Publicação: 23 de Janeiro de 2023

Revista: International Journal of Environmental Research and Public Health

Autores: Linggui Liu, Yi Zhao, Han Lyu, Sining Chen, Yuheng Tu e Shuyun Huang (Escola de Ciências Humanas e Sociais, Universidade de Xi'an Jiaotong, Xi'an, China)

*São José dos Campos-SP
Julho de 2023.*

Resumo e palavras-chave

Resumo: Este estudo avaliou a **acessibilidade das instalações médicas** em **Xi'an, China**, considerando a capacidade de oferta e utilizando o **método 2SFCA**. Foram estabelecidos **diferentes níveis de raio de busca para hospitais**, medindo a acessibilidade com o **ArcGIS**. Os **resultados** revelaram uma **diferença significativa na acessibilidade**, diminuindo do centro para a periferia da cidade. A alocação desigual de recursos médicos foi evidente, com a **maioria da população tendo acesso a uma porção menor dos recursos disponíveis**. O modelo de avaliação utilizado mostrou resultados mais precisos e objetivos. Essas descobertas podem servir como base de **referência para o planejamento e layout de instalações médicas** urbanas.

Palavras-chave: instalações médicas; acessibilidade espacial; área de captação flutuante de duas etapas (2FSCA); ArcGIS.

Introdução

- Mudanças recentes na visão das **políticas urbanas** chineses do puro crescimento para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, particularmente com um impulso dado pela **pandemia do covid-19**, aumentaram a demanda por mais conhecimento científico acerca da distribuição dos estabelecimentos de saúde pública;
- **Grande população** traz **grande demanda** por serviços de saúde;
- **Alocação desigual** de recursos médicos em toda a China que ainda precisa de **soluções para uma distribuição racional**;
- A **acessibilidade** das pessoas aos serviços é central para realizar essa tarefa.

Acessibilidade

- 1959 - **Walter G. Hansen** introduziu o conceito e estudou a relação entre o **uso do solo urbano** e a acessibilidade pelo **método “gravitacional”**;
- Conceito ligado a **conveniência de acesso** a instalações e serviços por meios de transporte e estradas e é principalmente preocupada com a **"qualidade"** e a **"quantidade"** dos serviços públicos que atendem uma determinada área;
- Importante **indicador da razoabilidade da distribuição** de serviços públicos e tópico de pesquisa em alta na geografia da saúde;
- **Diferentes métodos** de pesquisa são utilizados em estudos de acessibilidade de acordo com **diferentes temas** de pesquisa;
- **Necessidade de atualizar os modelos** de cálculo de pesquisa de acessibilidade;

Métodos

- Modelo Potencial
 - **Ignora dificuldades de deslocamento** para cada nível de serviço de saúde
- Modelo Gravitacional
 - **Efeito “competitivo”** que gera certa desconfiança em sua confiabilidade
- Modelo de Áreas de Captação Flutuante de Duas Etapas (2FSCA)
 - Proposto pela primeira vez por Radke e Mu (2000) e aplicado pela primeira vez na área da saúde por Luo e Wang (2003);
 - Incorpora a **interação entre oferta, demanda e custo** mínimo de acessibilidade
 - O **mais utilizado** na avaliação da acessibilidade de serviços públicos

Áreas de Captação Flutuante de Duas Etapas (2FSCA)

Ideias básicas das 2 etapas:

1. para **cada ponto de oferta** j , são pesquisados **todos os pontos de demanda** (k) cuja distância j esteja dentro do **raio de busca** (d_0) e calcula-se a **razão** entre oferta e demanda R_j . S_j é a **capacidade total de oferta** de um estabelecimento;
2. para **cada ponto de demanda** i , são pesquisados **todos os pontos de oferta** (j) cuja distância i esteja **dentro do raio de busca** (d_0), e **soma-se todas as razões** entre oferta e demanda R_j para obter A_i^F , a acessibilidade do ponto i .

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in [d_{kj} \leq d_0]} P_k}$$

$$A_i^F = \sum_{j \in [d_{ij} \leq d_0]} R_j$$

Áreas de Captação Flutuante de Duas Etapas (2FSCA)

- Duas desvantagens originais:
 - o uso de um **método dicotômico** para lidar com a **diminuição da distância**;
 - o uso de um **único raio** de busca.
- Resolução de problemas do 2FSCA
 - **função de diminuição da distância** no modelo original, formando um método aprimorado, principalmente na forma de função exponencial, função gaussiana, função de densidade de kernel e etc;
 - **expansão do raio de busca**, com as formas raio variável, raio dinâmico, raio multinível e tipo de instalação mais próxima;
 - efeito de **competição em demandas e ofertas** e respectivos **pesos de seleção**;
 - índice de **disparidade de acessibilidade modal** e cálculo do **custo de viagem**

2FSCA Melhorado

- Problemas a serem resolvidos:
 - **escopo e características hierárquicas** das instalações de saúde;
 - redes rodoviárias estáticas → **condições de tráfego** podem variar muito no tempo e no espaço;
 - relação entre **hospitalização x oferta de leitos**;
- Melhorias propostas para o 2FSCA:
 - (1) **diferentes limiares de viagem para diferentes níveis de instalações**. Distância e tempo de viagem mais curta do raio de busca são obtidos por meio **algoritmos de rastreamento**;
 - (2) inclusão no cálculo da **capacidade de oferta**: proporção de **pacientes hospitalizados**, o número de **técnicos de saúde** e o número de **leitos disponíveis**;
 - (3) introdução de **função de probabilidade de seleção** para levar em consideração a influência trazida pela qualidade dos serviços de cada instalação na escolha dos pacientes;
 - no nível de dados, a avaliação de paridade das instalações médicas em foi realizada com base na **curva de Lorentz** e no **coeficiente de Gini**

2FSCA Melhorado

- Adicionou-se **função gaussiana de decaimento da distância**, com a taxa de decaimento é acelerada no início e depois desacelerada;
- Artigo estabeleceu diferentes raios de busca para diferentes **níveis de estabelecimentos de saúde**:
 - primário - 30 minutos;
 - secundário - 45 minutos;
 - terciário - 60 minutos.
- B - leitos / U - tx de utilização dos leitos / W - profissionais de saúde por leito / L - internados a cada 100 consultas

$$f(d_{ij}, d_0) = \frac{e^{-(1/2) \times (d_{ij}/d_0)^2} - e^{-(1/2)}}{1 - e^{-(1/2)}}$$

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in [d_{kj} \leq d_0]} P_k f(d_{kj})}$$

$$S_j = B_j \times U_j \times W_j \times L_j$$

$$Prob_{ij} = \frac{S_j f(d_{ij})}{\sum_{k \in [d_{ik} \leq d_0]} S_k f(d_{ik})}$$

$$A_i^F = \sum_{j \in [d_{ij} \leq d_0]} Prob_{ij} f(d_{ij}) \frac{S_j f(d_{ij})}{\sum_{k \in [d_{kj} \leq d_0]} P_k f(d_{kj}) Prob_{kj}}$$

Área de Estudo

- Xi'an é a capital da província de Shaanxi, no oeste da China;
- Possui 11 distritos e 2 condados;
- Área total do município é de 843.56 km² com 16,17% ocupados por área urbana e dentro desta estão 6 dos 11 distritos;
- População de 12.952.500, sendo 4,95 milhões na área urbana (38,22%);
- **Hospitais** locais frequentemente estão **superlotados**, ocasionando a necessidade de deslocamento de muitos pacientes para outras localidades para buscar atendimento;

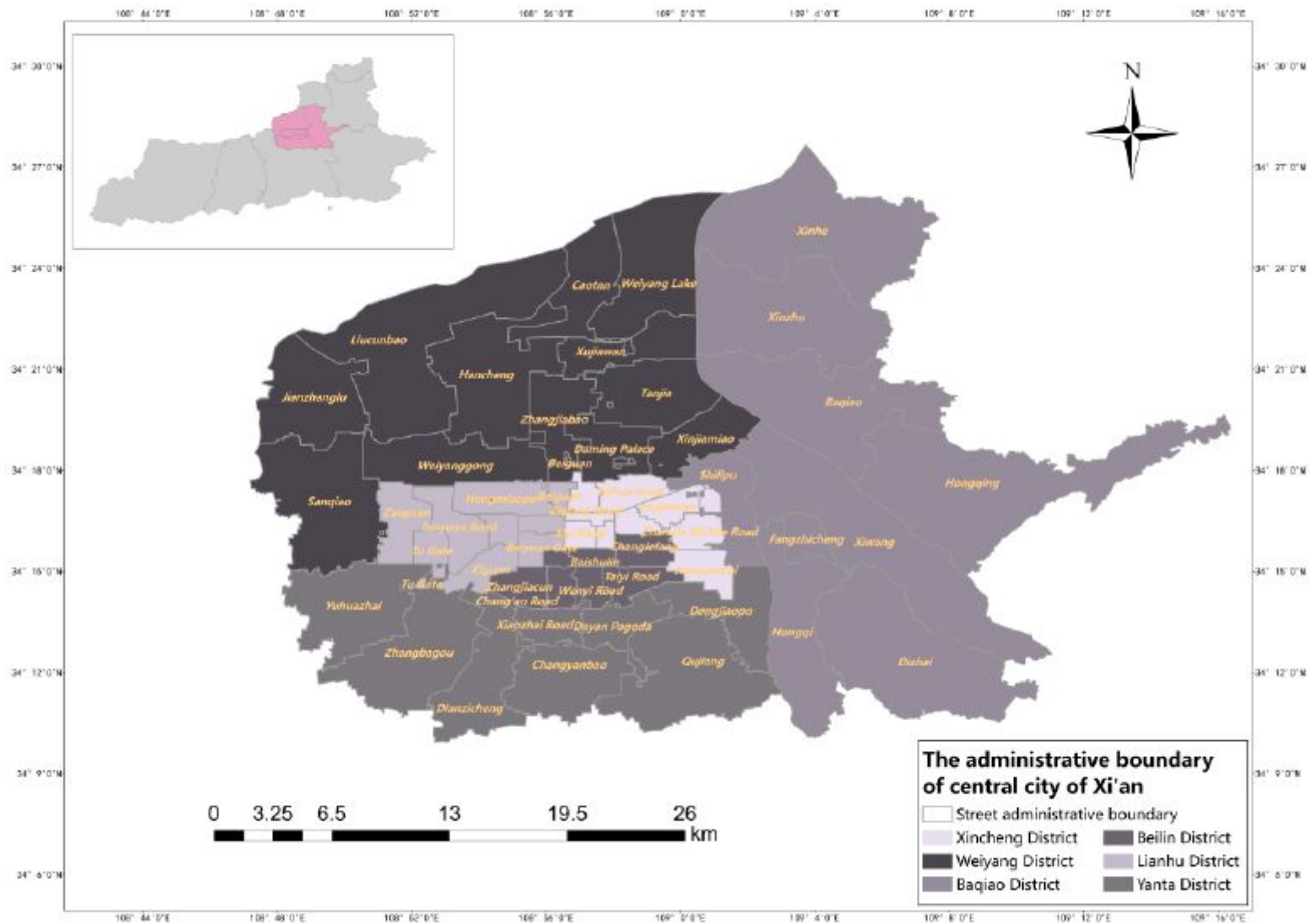


Figure 1. The administrative boundary of central city of Xi'an.

Fontes de Dados

- Dados de Estabelecimentos de Saúde:
 - 187 unidades com respectivas coordenadas geográficas;
 - 3 níveis de especialização de serviços:
 - primária e sub-primária - 76;
 - secundária - 85;
 - terciária - 27.
 - dados estatísticos sobre o número de **consultas, internações e taxas de utilização de leitos**

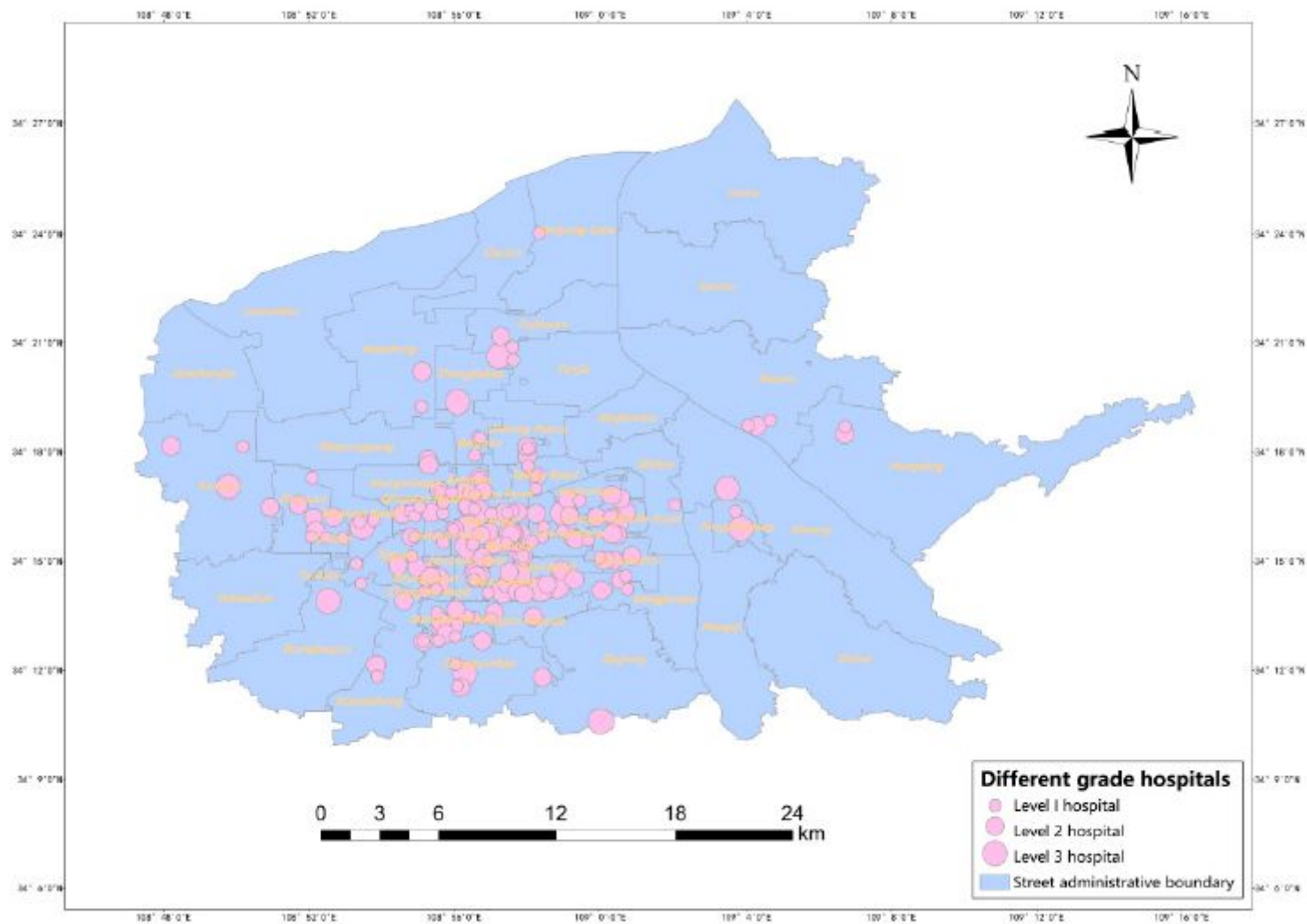


Figure 2. Distribution of different-grade medical facilities.

Distribuição dos Estabelecimentos

- Método “média dos vizinhos mais próximo”
- Estabelecimentos estão **agrupados** no espaço

Observed Mean Distance:	459.9433 m
Expected Mean Distance:	822.1673 m
Nearest Neighbor Ratio:	0.559428
z-score:	-11.525738
p-value:	0.000000

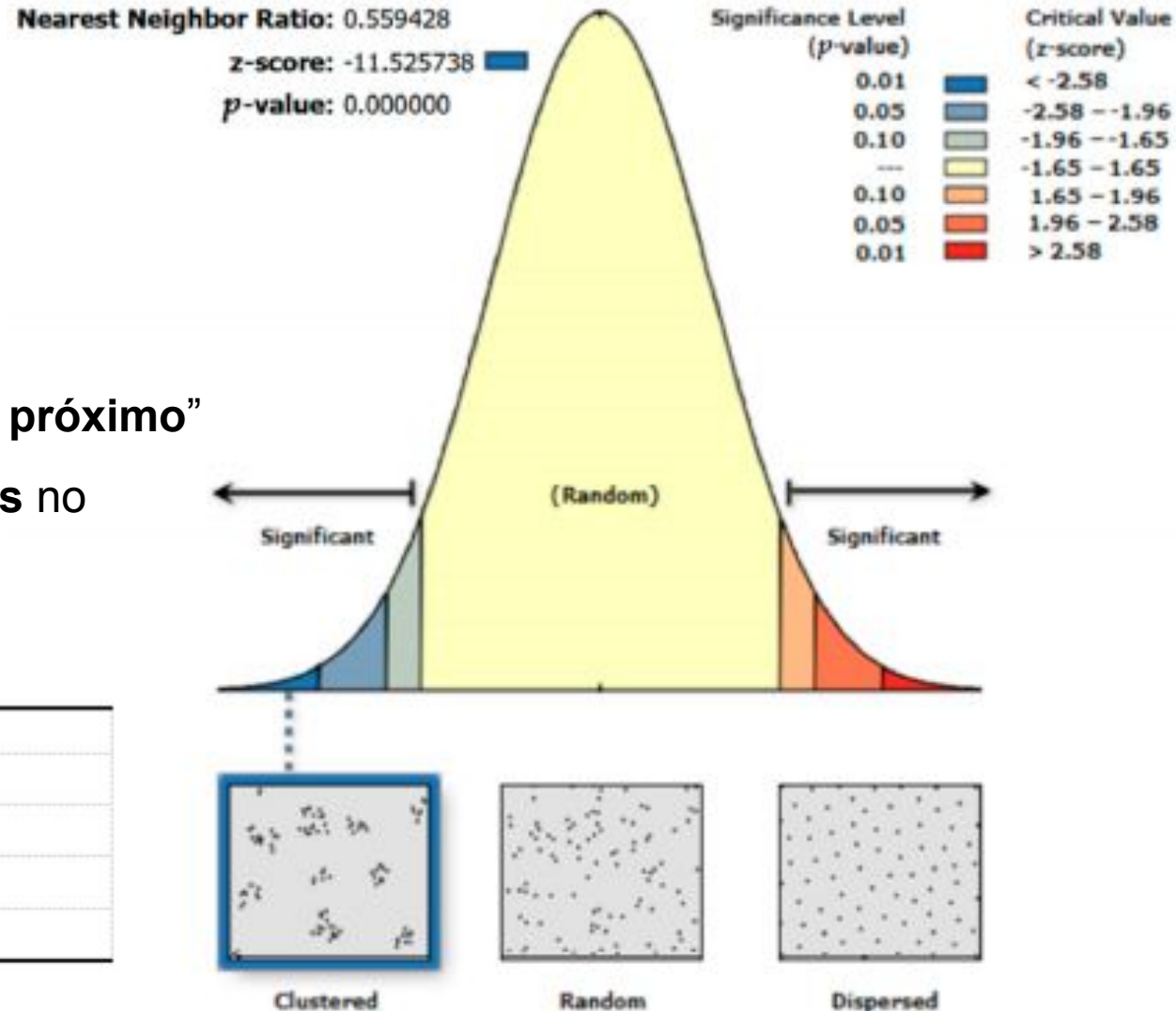


Figure 3. Nearest neighbor result reports.

Fontes de Dados

- Dados populacionais:
 - 856 bairros residenciais como pontos populacionais (pontos de demanda);
 - Menor escala de dados populacionais é o de ruas:
 - número de **domicílios no bairro da mesma rua é somado**, e a **proporção entre a população total da rua multiplicada pelo número de domicílios no bairro e o número total de domicílios na rua é considerada como a população do bairro**
 - Densidade varia de 42.100 pessoas/km² a 596 pessoas/km²

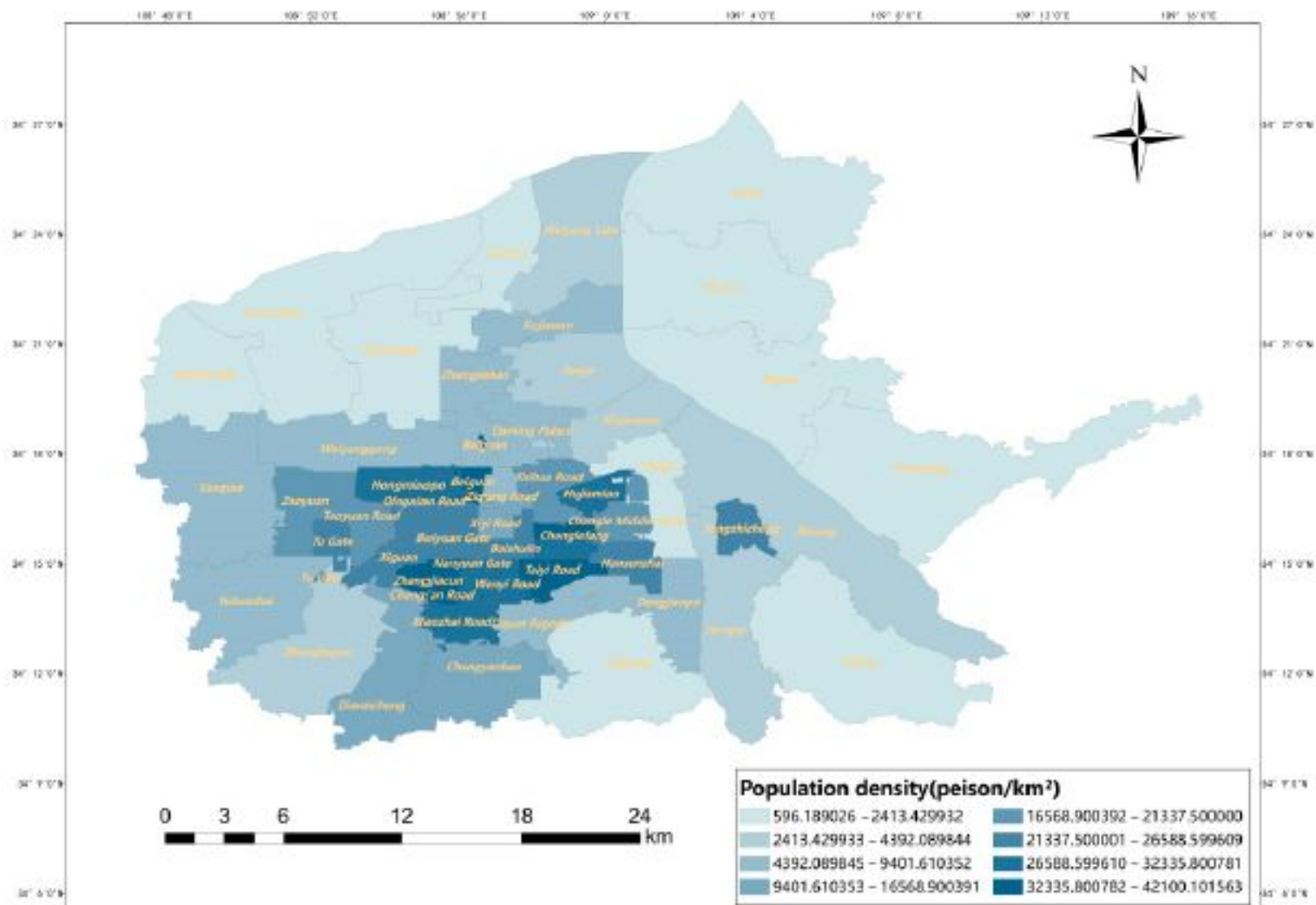


Figure 4. Population density.

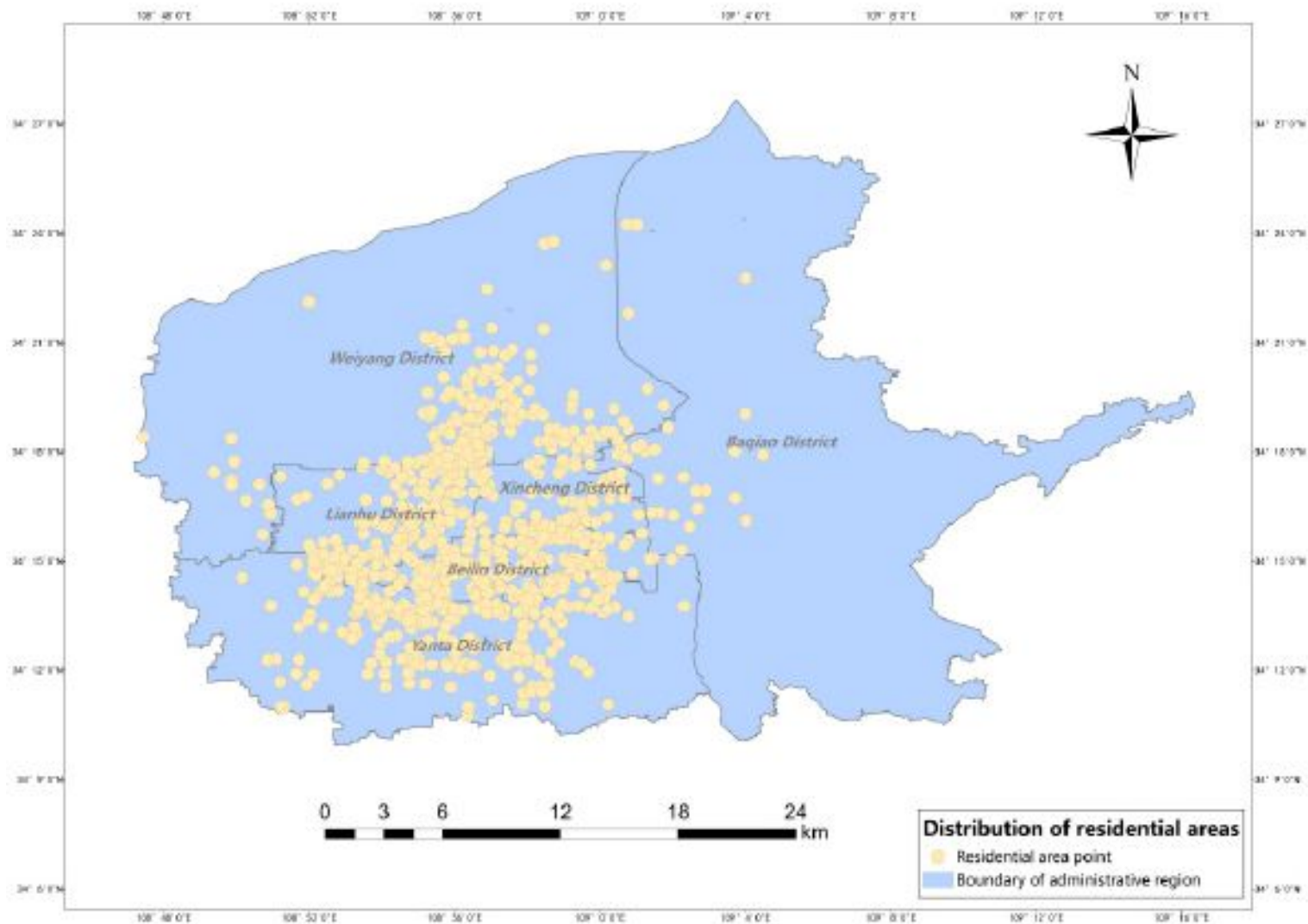


Figure 5. Distribution of residential areas.

Fontes de Dados

- Custos efetivos de transporte:
 - **Mobilidade por carros** (próprios e de aplicativos) é a principal da cidade → 2,73 carros per capita em 2021 (6º maior taxa da China);
 - Foi considerado o **tempo efetivo de deslocamento** entre os pontos de oferta e demanda para calcular a acessibilidade, obtidos através de **algoritmo em Python que acessa a API do site Gaode Map** e rastreia dados de tempo e distância de deslocamentos;
 - Módulo de Análise de Redes ajudou a reduzir cálculos desnecessários ao definir raios efetivos de distâncias baseados nas **distâncias por redes ao invés de linhas-retas**. Velocidade média dos veículos de 30 km/hora.



Figure 6. Buffer radius.

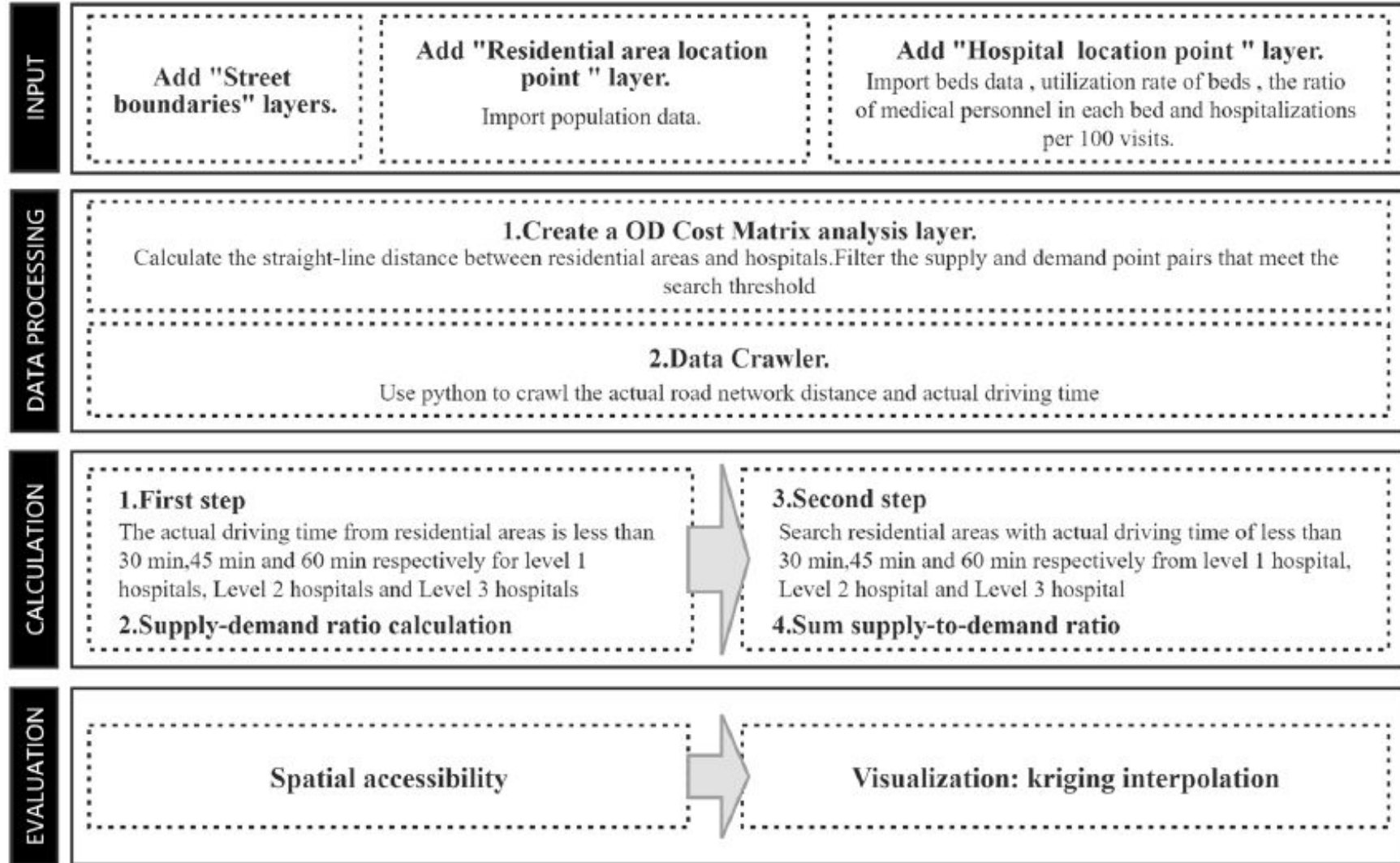


Figure 7. Implementation of the 2SFCA model in the Geographic Information System (GIS).

Resultados

- Estudo de Caso
 - Análise da Acessibilidade de uma perspectiva espacial:
 - A distribuição espacial de **acessibilidade não é uniforme**: valores variam de 0,000 e 4,783;
 - valores de acessibilidade das instalações médicas no **noroeste e nordeste** da cidade são geralmente **baixos**, enquanto na região **central e o sul** são áreas com valores de acessibilidade **altos** (economia desenvolvida, transporte conveniente e instalações médicas “perfeitas”);
 - rede de transporte eficiente pode ajudar os residentes a superar desafios de acessibilidade, porque **nem sempre o problema é alta demanda e/ou baixa oferta** de serviços de saúde.

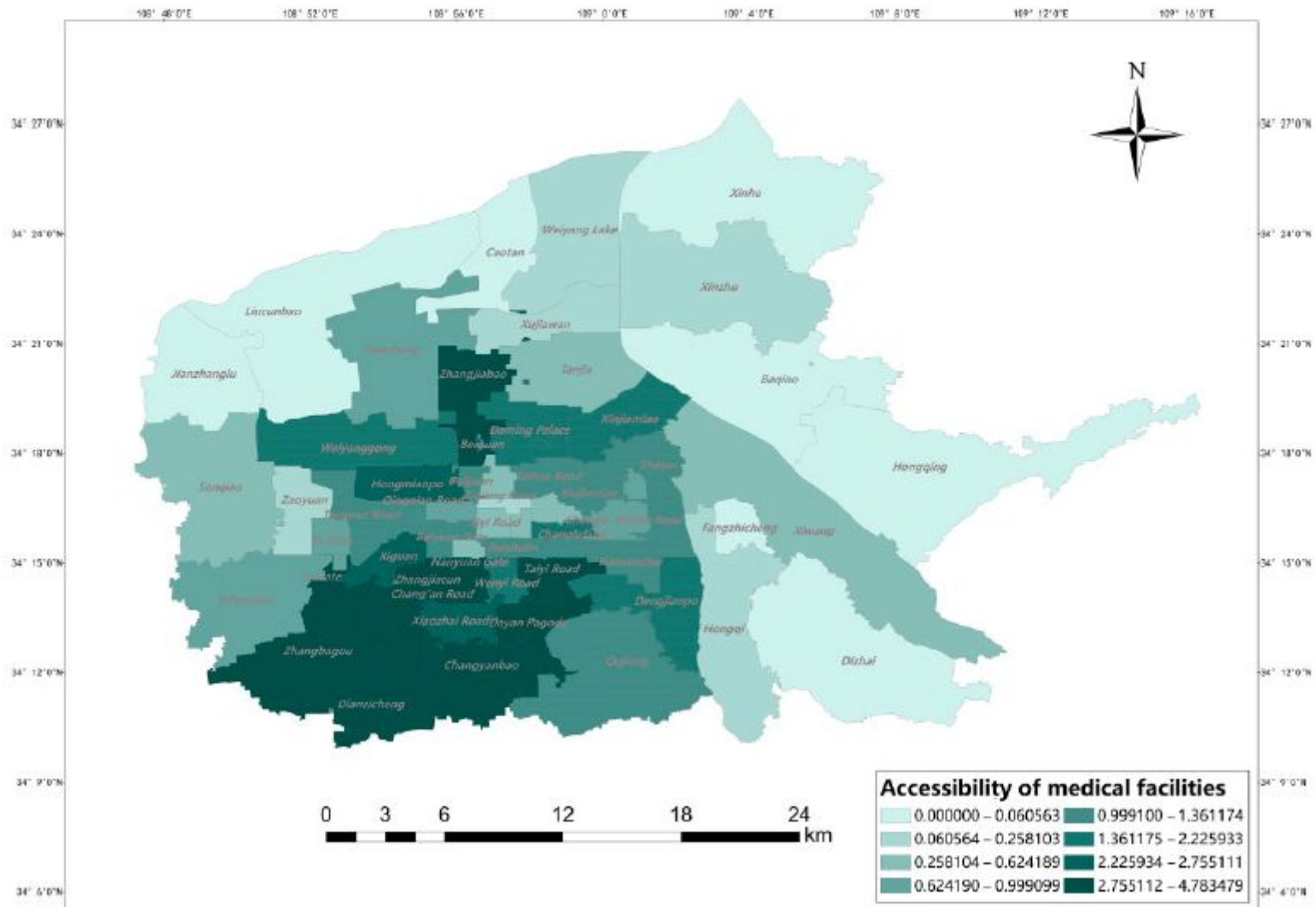


Figure 8. Accessibility of medical facilities.

Table 1. Comparison of four common interpolation methods in ArcGIS.

Interpolation Method	Corresponding Parameter	MEAN	RMSE
Trend	Linear	-0.045	5.384
IDW	The power of the distance is 2	0.085	5.132
Splines	Regular spline function	0.064	4.536
Kriging	Ordinary Kriging	-0.037	4.324

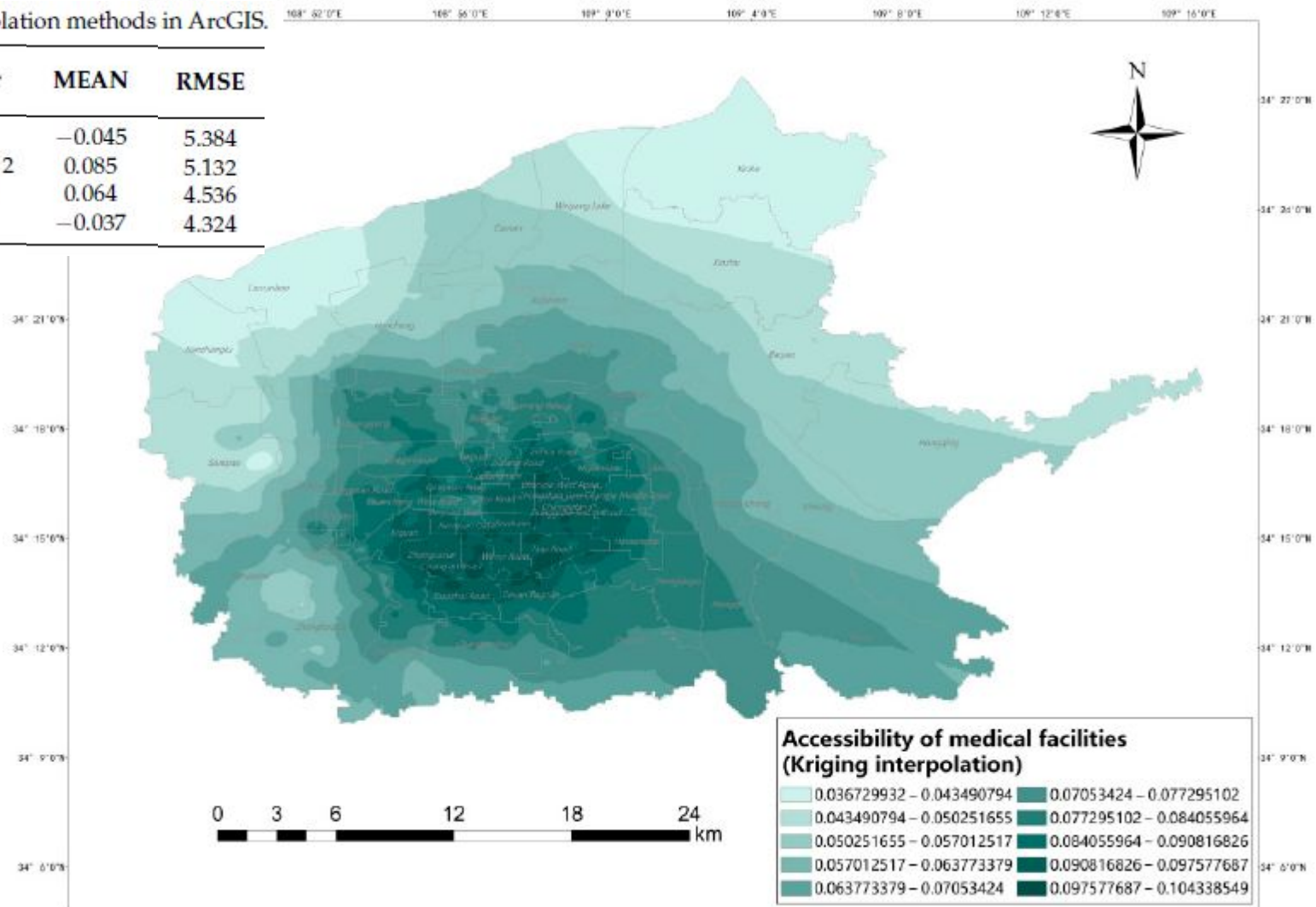


Figure 9. Accessibility of medical facilities (Kriging interpolation).

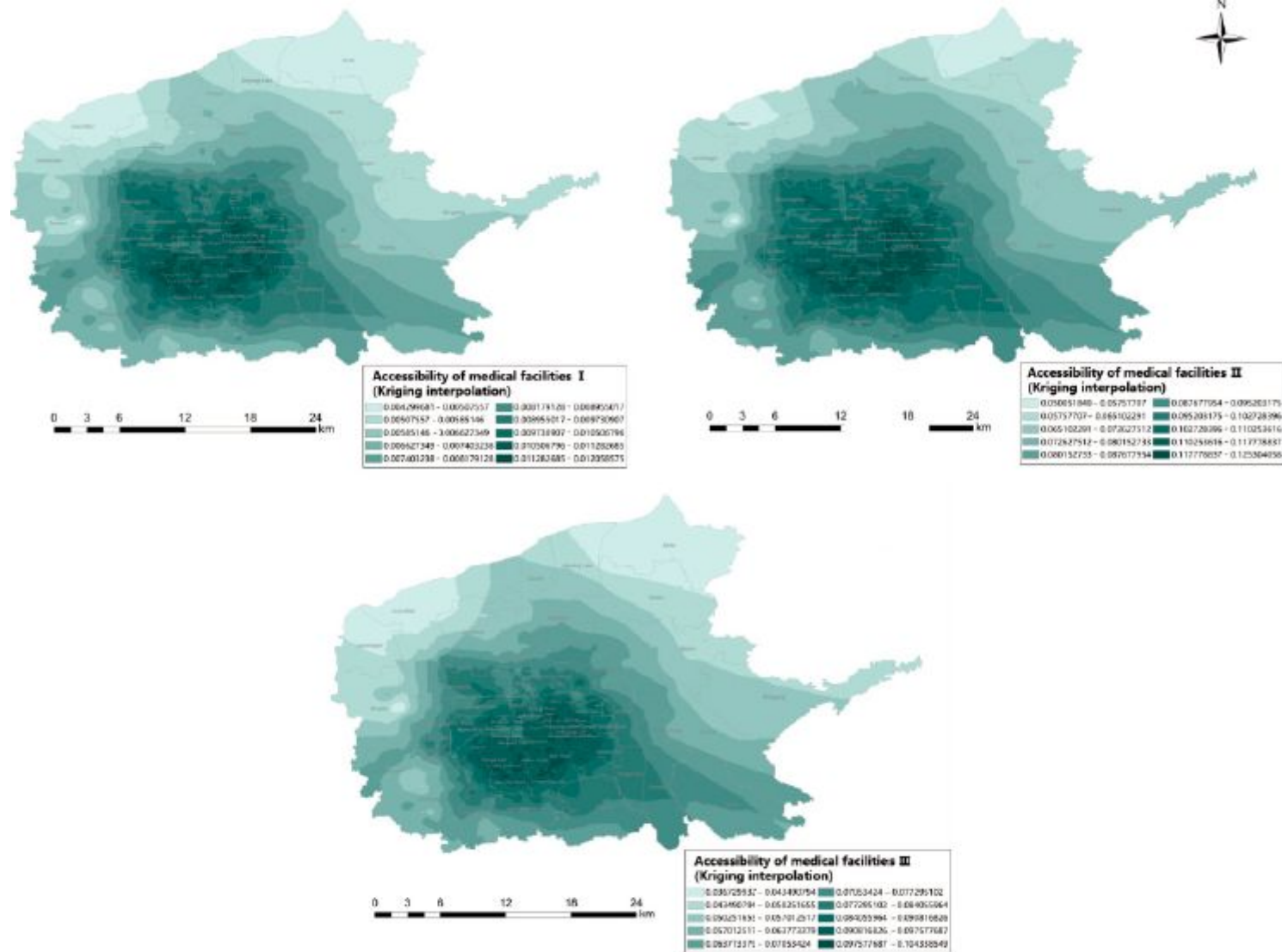


Figure 11. Comparison of accessibility.

Resultados

- Estudo de Caso
 - Análise da Acessibilidade da perspectiva dos dados
 - Curva de Lorenz e Coeficiente de Gini para Xi'an toda e para 6 distritos;
 - **81,64% das pessoas** na área urbana central de Xi'an podem desfrutar de **54,88% dos recursos** médicos;
 - O coeficiente de Gini do distrito de **Beilin e do distrito de Xincheng é inferior a 0,2**;
 - o distrito de Weiyang e o distrito de Baqiao, localizados na periferia norte, têm diferenças significativas na alocação de instalações médicas, especialmente no distrito de **Baqiao, onde quase 25% da população não tem acesso** a recursos médicos.

$$Gini = 1 - \sum_{i=1}^n (X_i - X_{i-1})(Y_i - Y_{i-1})$$

Table 2. The correspondence between the Gini coefficient and equity.

Gini	0–0.2	0.2–0.3	0.3–0.4	0.4–0.5	0.5–1
Equity	Absolutely fair	Relatively fair	Relatively reasonable	A bit unfair	Very unfair

Table 3. Gini coefficient of accessibility of medical facilities in each district.

Administrative District	Gini Coefficient	Administrative District	Gini Coefficient
Xincheng District	0.11	Beilin District	0.16
Weiyang District	0.55	Lianhu District	0.29
Baqiao District	0.62	Yanta District	0.29

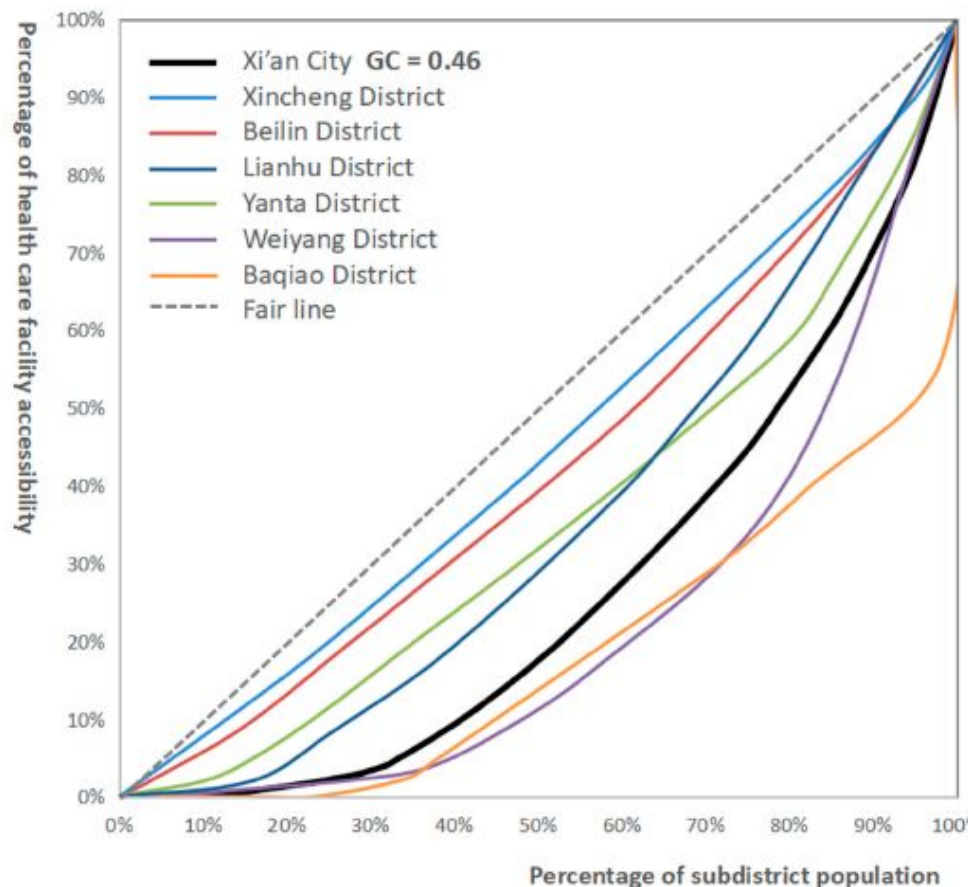


Figure 10. Lorenz curve and Gini coefficient of medical facilities.

Discussões

Vantagens do modelo aprimorado

- **função de probabilidade** torna o modelo mais próximo da realidade e os **resultados mais precisos**;
- combina a **rede viária real** e a **distância e tempo** mínimos **efetivos** ao longo da rota derivada do planejamento de trajetos pela API;
- leva em consideração a **competição entre as instalações**, bem como **número de leitos** nas instalações médicas, a **taxa de utilização de leitos** e a **proporção de trabalhadores da saúde por leito**;
- demonstração da acessibilidade feita por **análises espaciais** (mapas e interpolação de krigagem) e **análise de dados** (refletir de forma mais intuitiva a equidade da distribuição das instalações)

Discussões

Limitações do modelo aprimorado

1. definição do **limite máximo de tempo de viagem é um tanto subjetiva**, e o próximo estudo pode realizar uma análise de sensibilidade da acessibilidade estabelecendo diferentes “impedimentos” de tempo;
2. **não considera a diversidade de modais** de transporte e adota uniformemente a mobilidade por carros . A acessibilidade das instalações médicas em diferentes modos de transporte, como caminhar, andar de bicicleta e utilizar o transporte público, deve ser explorada no futuro;
3. **as necessidades de saúde diferentes para tipos de populações diferentes** não foram consideradas, e seus atributos, como idade, gênero e renda, terão um impacto na escolha do tratamento médico;

Discussões

Implicações políticas

- O poder público deve sempre prezar pela **racionalidade espacial** para o planejamento regional dos serviços de saúde, tendo em vista as diferentes **condições de acessibilidade** das populações;
- Fortalecimento da **supervisão e gestão** da atenção básica;
- **Mapear e gerenciar regularmente a situação dos serviços** de saúde para manter um **equilíbrio entre oferta e demanda**.

Conclusões

- Aprimoramento do modelo 2SFCA;
 - **Raio de busca** pelo tipo de serviço;
 - **Função de probabilidade** de seleção do serviços pela demanda.;
- **Diferenças significativas na acessibilidade e distribuição desigual de serviços** de saúde no distrito de Xi'an, diminuindo do centro para a periferia e com menor acessibilidade para as porções norte do distrito;
- Estudo pode ser uma **referência para um planejamento científico** e efetivo para uma localização razoável de serviços de saúde e para um layout urbano mais adequado para as infraestruturas médicas.

Revisão crítica

- Faltou **discussão crítica** acerca dos processos que engendram a distribuição desigual de infraestruturas de saúde, sugerindo que ela ocorre por simples lacuna de conhecimentos técnicos acerca do melhor layout urbano para alocação desses serviços;
- Acessibilidade é apresentada como uma **variável qualitativa** também, mas essa característica é pouco explorada pelos autores;
- **Escolha dos usuários** é entendida como uma variável de qualidade dos serviços, o que é problemático porque pode **acumular erros**;
- Método de **mensuração populacional** leva em conta uma pretensa **homogeneidade da densidade** populacional por ruas, o que também pode gerar erros de **distribuição populacional**;
- **Apenas mobilidade por carros** foi considerada;
- **Adaptações** necessárias para a **metodologia** se adequar a realidade demográfica, dos transportes e do sistema de saúde brasileiro.

Obrigado!!

Discente: Gustavo Piva Lopes Salgado

Contato: gustavo.salgado@inpe.br