

Assessing spatial-Temporal dynamics of vulnerability of protected areas in Iran to multiple environmental hazards

Xiuqing Wang [a,1](#), Davood Mafi-Gholami [a,b,1](#), Saied Pirasteh [a,c,1,*](#), Tao Wang [a](#), Huxiong Li [a](#), Tim G. Frazier [d](#), Akram Nouri-Kamari [a,e](#), Abolfazl Jaafari [f](#), Ammar Abulibdeh [g](#)

[a](#) Institute of Artificial Intelligence, Shaoxing University, Shaoxing, 508 West Huancheng Road, Yuecheng District, Zhejiang Province Postal Code 312000, China

[b](#) Department of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord 8818634141, Iran

[c](#) Department of Geotechnics and Geomatics, Saveetha School of Engineering, Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences, Chennai, Tamilnadu, India

[d](#) Emergency and Disaster Management Program, School of Continuing Studies (SCS), Georgetown University, Washington, DC, USA

[e](#) Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran

[f](#) Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran 1496813111, Iran

[g](#) Applied Geography and GIS Program, Department of Humanities, College of Arts and Sciences, Qatar University, P.O. Box: 2713 Doha, Qatar

Roteiro da apresentação

01

Introdução e Objetivos

Avaliar a dinâmica espaço-temporal da vulnerabilidade da Área Protegida de Oshtorankooh (Irã) frente a múltiplas ameaças ambientais de 2010 a 2020.

02

Materiais e Métodos

Utilizar 45 indicadores integrados pelas dimensões de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, aplicando o método FAHP para análise espacial.

03

Resultados

Foi identificado um aumento significativo da vulnerabilidade, especialmente nos setores norte e oeste da área estudada.

04

Conclusões e Discussão

A vulnerabilidade das áreas protegidas é dinâmica e demanda estratégias de gestão adaptativa baseadas em evidências sociais e ecológicas.



Introdução e Objetivos



■ **Relevância das áreas protegidas**

As áreas protegidas constituem elementos centrais para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, mas têm sua efetividade progressivamente comprometida por pressões antrópicas e naturais, incluindo alterações climáticas, desmatamento, exploração de recursos e eventos extremos.

■ **Conceito central: Vulnerabilidade**

A vulnerabilidade de sistemas socioecológicos é definida pela interação entre três dimensões fundamentais: exposição a perturbações, sensibilidade intrínseca dos componentes do sistema e capacidade adaptativa para responder ou se ajustar a essas ameaças.

■ **Necessidade de abordagens integradas**

Avaliações eficazes devem integrar fatores ecológicos, sociais e a dimensão temporal, reconhecendo que a vulnerabilidade é dinâmica e resulta da interação contínua entre comunidades humanas, ecossistemas e mudanças ambientais ao longo do tempo.



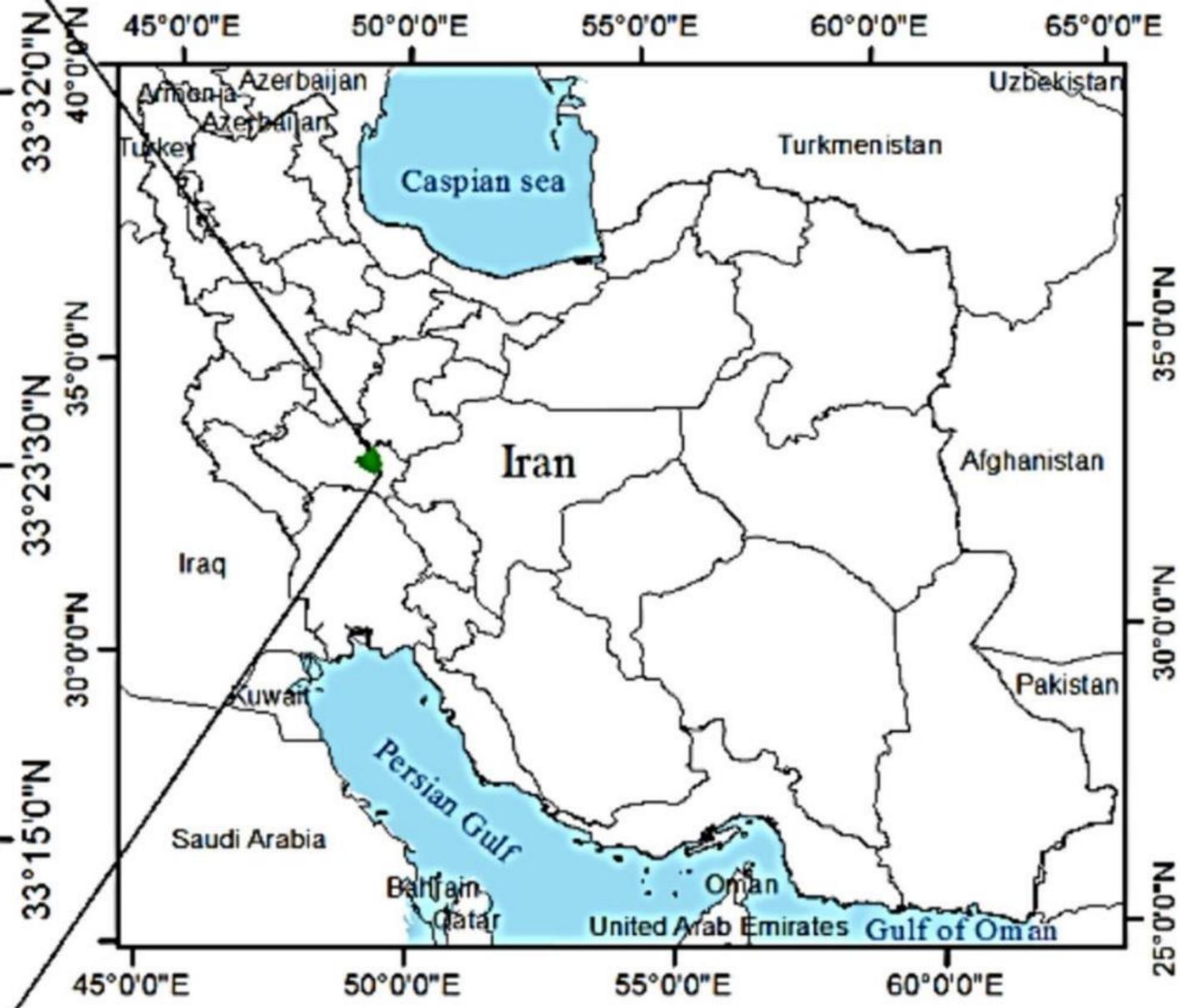
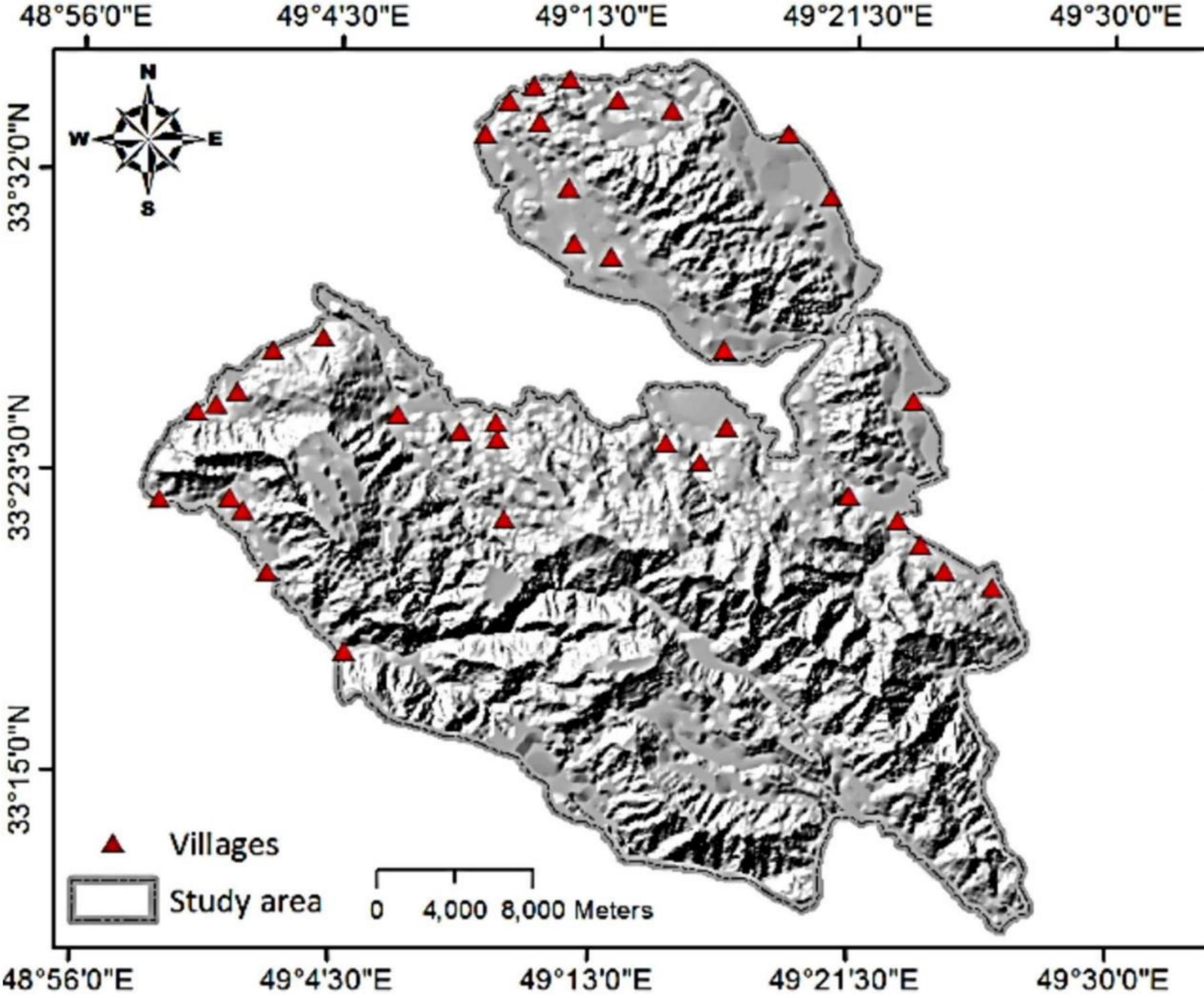
■ **Objetivo Geral**

Avaliar a dinâmica espaço-temporal da vulnerabilidade da Área Protegida de Oshtorankooch (OPA), no Irã, entre 2010 e 2020, frente a múltiplos riscos ambientais, considerando as dimensões de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

■ **Objetivos Específicos**

Calcular os índices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa da OPA com base em 45 indicadores; analisar os padrões espaciais e temporais de vulnerabilidade entre 2010 e 2020; identificar os principais fatores naturais e antrópicos que influenciam a vulnerabilidade; e subsidiar estratégias de gestão adaptativa para fortalecer a resiliência da área protegida.

Oshtorankoo Protected Area



Materiais e Métodos



Materiais e Métodos

■ Fontes de dados

Bases nacionais de dados do Irã (cartografia, meteorologia, censo populacional, gestão de recursos naturais) e mapas temáticos de risco de enchentes, deslizamentos e incêndios.

■ 45 Indicadores utilizados, em 3 dimensões:

- **Exposição:** Refere-se à intensidade e à frequência de riscos ambientais como secas, incêndios, inundações, variações climáticas, turismo e vulnerabilidade social.
- **Sensibilidade:** Representa a fragilidade intrínseca da área, considerando fatores como a suscetibilidade dos solos à erosão, características do relevo, tipo de cobertura vegetal e variações climáticas.
- **Capacidade adaptativa:** É a capacidade do sistema de reagir, ajustar-se ou se recuperar dos impactos das perturbações.

Table 1
Overview of dimensions and indicators of vulnerability assessment of the OPA.

Dimension	Indicator	Description	Linkage	Scale	Source
Exposure	Drought magnitude	Assessment of drought severity	Influence on water availability and the structure and function of ecosystems	30 m	MOI (2022)
	Extreme temperature	Frequency and intensity of extreme temperatures	Influence on ecosystem health and the growth, survival and composition of plant species	30 m	MOI (2022)
	AET (mm)	Measurement of water loss from soil and plants	Influence on water availability and vegetation's structure and production potential	30 m	MOI (2022)
	Social vulnerability	Measurement of community vulnerability to environmental hazards	Influence on disaster preparedness, recovery	30 m	ICC (2022)
	Tourism intensity	Number of tourists visiting the area	Influence vegetation and wildlife	30 m	DOEI/ PBOI (2022)
	Landslide	Probability of landslide occurrence	Influence on infrastructures, human settlements	30 m	Ngo et al. (2021)
	Flood	Probability of flood occurrence	Influence on infrastructures, human settlements, agriculture and ecosystems	30 m	Khosravi et al. (2020)
	Wildfire	Probability of wildfire occurrence	Influence on vegetation infrastructures and human settlements	30 m	Jaafari et al. (2022)/ (RIFR)
Sensitivity	Elevation (m)	Measurement of altitude above sea level	Influence on climate and ecosystem structure	30 m	DEM
	Slope (%)	Measurement of land inclination	Influence on erosion, vegetation cover and landslide susceptibility	30 m	DEM
	Aspect	Direction a slope faces relative to the sun	Influence on microclimate and vegetation cover	30 m	DEM
	Soil sensitivity to erosion	Susceptibility of soil to erosion	Impact on sedimentation, water quality and vegetation cover	1:50000	NCCI (2020)
	Geological formations' sensitivity to erosion	Susceptibility of geological formations to erosion	Influence on landscape stability	1:50000	NCCI (2020)
	Climate	Variation in precipitation and temperature over time	Influence on the structure and function of ecosystems, infrastructures, human health and agriculture	1:25000	MOI (2022)
	LULC	Categorization of land cover types (e. g., forest, urban)	Influence on biodiversity, ecosystem services, habitat loss and fragmentation	1:50000	FRWMOI (2022)
Adaptive capacity	Runoff (MCM)	The volume of water flowing over land	Influence on water availability and the structure and function of ecosystems	30 m	NCCI (2020)
	Spring discharge (LS^{-1})	Flow of water from natural springs	Influence on water availability and the structure and function of ecosystems	30 m	NCCI (2020)
	Soil permeability	The ability of soil to allow water to pass through	Influence on infiltration, groundwater recharge and the structure and function of ecosystems	1:50000	NCCI (2020)

Materiais e Métodos

■ Etapas de processamento

- Padronização dos dados em mapas raster.
- Ponderação dos indicadores utilizando o Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), com base em questionários aplicados a especialistas.
- Cálculo dos índices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa por célula de 1 km².
- Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Final (VI) combinando os três índices:

$$VI = \text{Exposição} + \text{Sensibilidade} - \text{Capacidade adaptativa}$$

- Classificação espacial dos índices em cinco categorias (muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta).
- **Análise espaço-temporal comparando os resultados de 2010 e 2020.**
- Aplicação de correlação pelo Índice de Moran:
 - Global Moran's I: avaliação da existência de autocorrelação espacial dos índices de vulnerabilidade.
 - Anselin Local Moran's I: identificação de clusters de alta (HH) e baixa (LL) vulnerabilidade.



Resultados

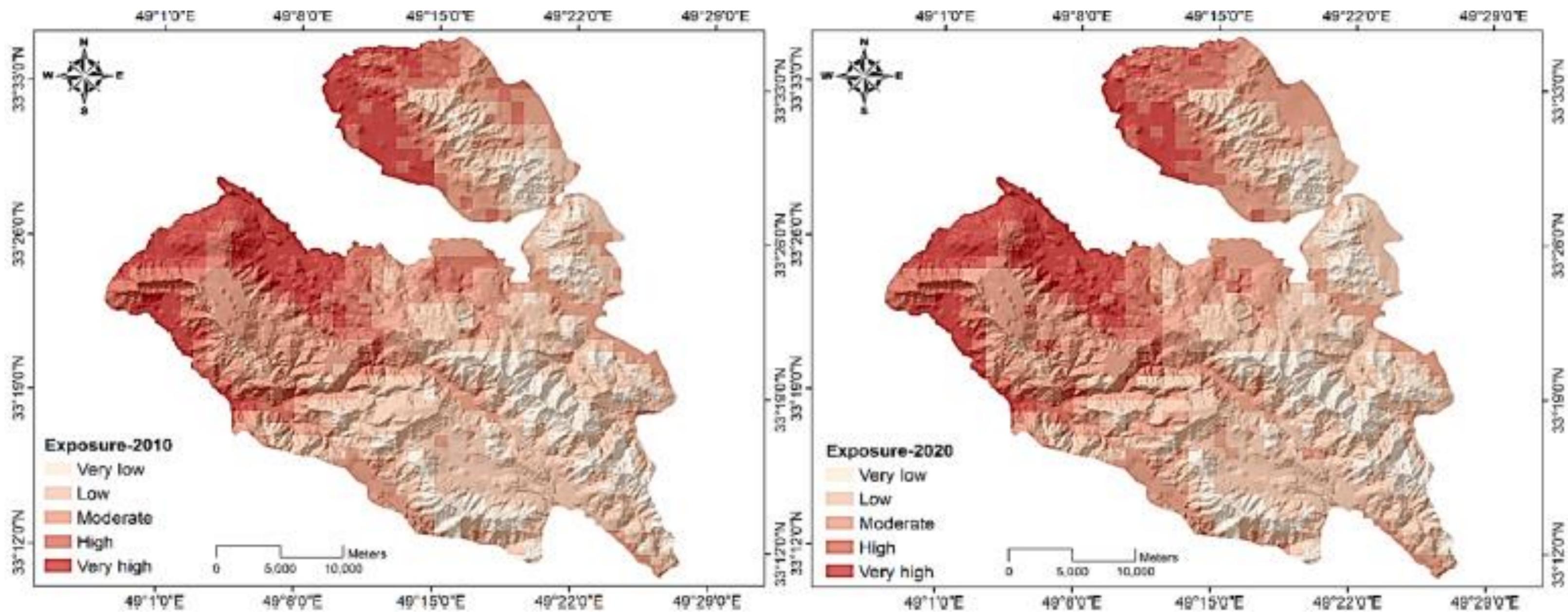


Fig. 2. Spatial pattern of exposure to multiple hazards across the OPA in 2010 and 2020.

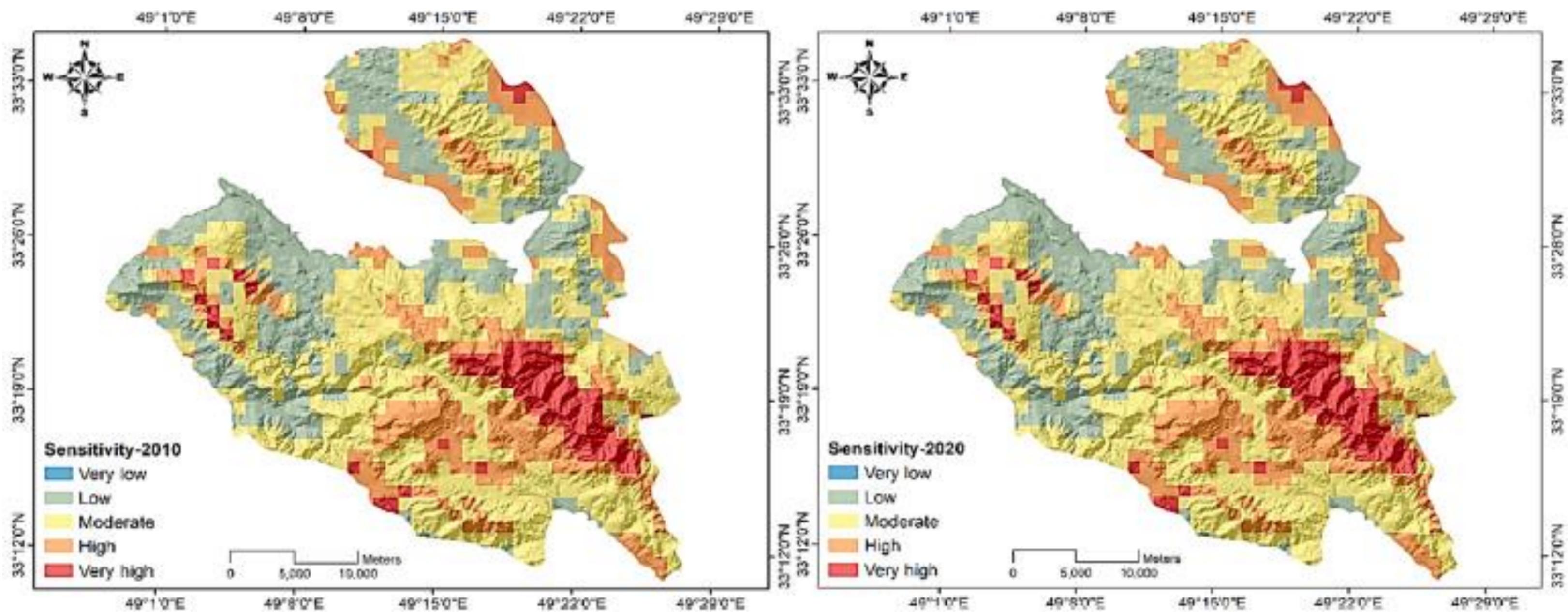


Fig. 3. Spatial pattern of sensitivity to multiple environmental hazards across the OPA in 2010 and 2020.

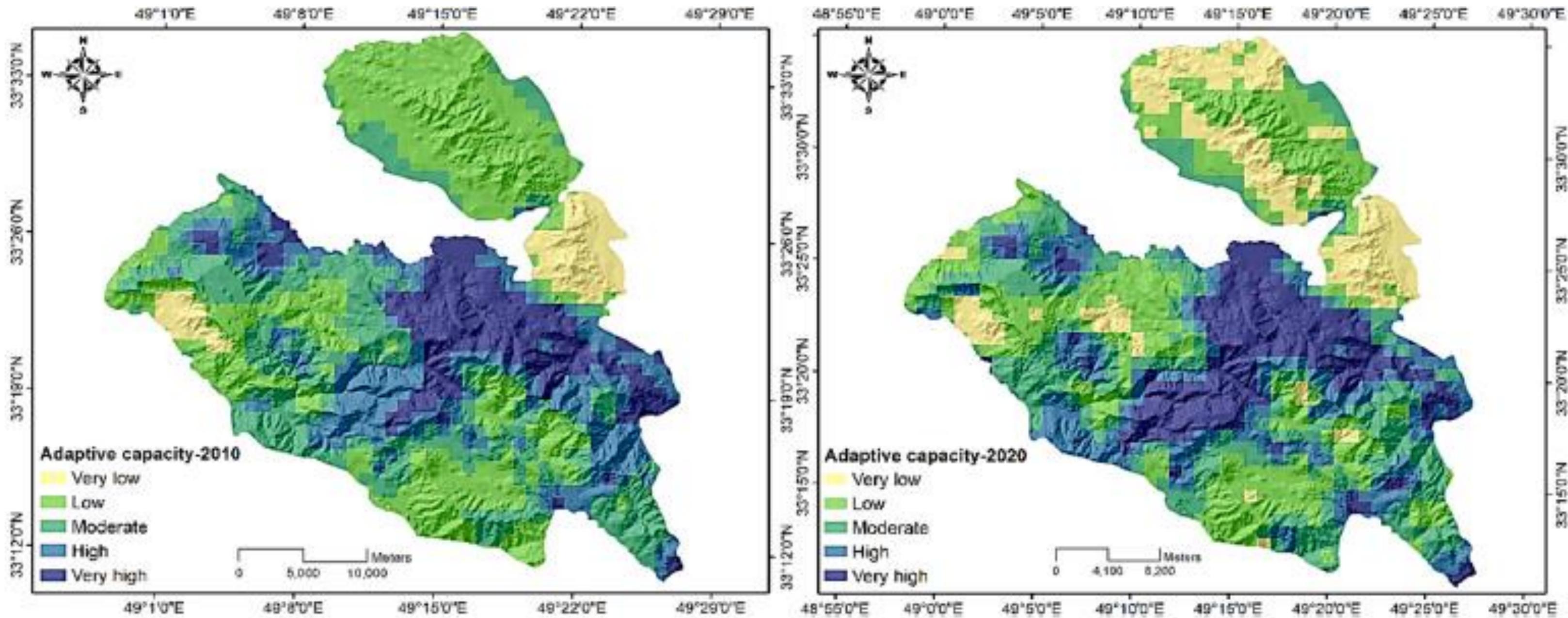
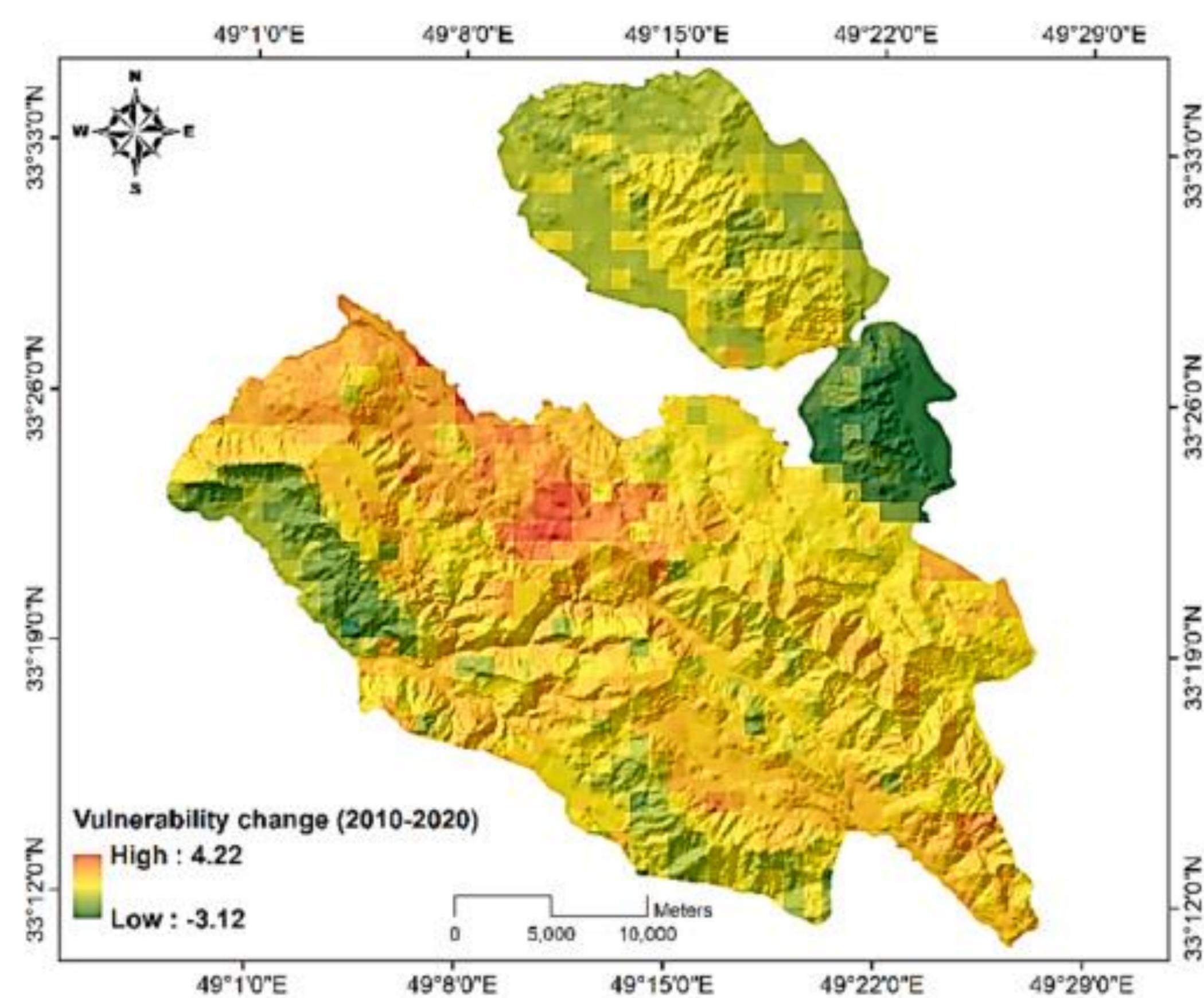


Fig. 4. Spatial pattern of adaptive capacity across the OPA in 2010 and 2020.



■ Aumento da Vulnerabilidade entre 2010 e 2020

- O índice de vulnerabilidade média subiu de 0,76 em 2010 para 2,04 em 2020.
- As áreas com vulnerabilidade moderada e alta aumentaram significativamente.
- Houve uma redução nas áreas de vulnerabilidade muito baixa e baixa.

Fig. 5. Change of vulnerability level across the OPA between 2010 and 2020.

Conclusões

■ **Vulnerabilidade dinâmica**

A vulnerabilidade dos sistemas socioecológicos não é fixa, mas evolui rapidamente diante de mudanças ambientais e sociais cumulativas.

■ **Influência de fatores múltiplos**

Fatores climáticos e fatores sociais solo contribuíram simultaneamente para agravar a situação ao longo da década.

■ **Importância de avaliações temporais contínuas**

Estudos de vulnerabilidade precisam incorporar abordagens espaço-temporais para detectar tendências emergentes e antecipar estratégias de gestão adaptativa.

Questão relevante

Em que medida as bases de dados disponíveis no Brasil permitem análises espaço-temporais eficazes para detectar padrões dinâmicos de vulnerabilidade em Unidades de Conservação?

Obrigado!!

