



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2024

APLICAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS MULTI OBJETIVOS NA OTIMIZAÇÃO DO POSICIONAMENTO DE SENSORES DE DETECÇÃO DE EMERGÊNCIAS EM CIDADES INTELIGENTES

Gabriel Ribeiro Souza¹; Matheus Giovanni Pires²

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: gabasribeirosz@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana,
e-mail: mgpipes@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Otimização multiobjetivo; cobertura redundante; redes de sensores visuais sem fio; detecção de emergências.

INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades e o aumento da frequência de emergências como desastres naturais têm levado à necessidade de sistemas mais eficientes de monitoramento e prevenção de catástrofes. Entre as regiões mais vulneráveis estão as áreas litorâneas, onde eventos, tais como, inundações, deslizamentos e tempestades representam constantes ameaças [1].

A detecção de alvos em redes de sensores visuais sem fio envolve a cobertura e o monitoramento de áreas específicas por sensores visuais, que são tipicamente câmeras. A questão central é como e onde posicionar estes sensores, além de definir sua orientação de maneira que o máximo de alvos/áreas de interesse sejam cobertos, levando em consideração a topografia e prováveis desníveis destas regiões, simulando áreas litorâneas.

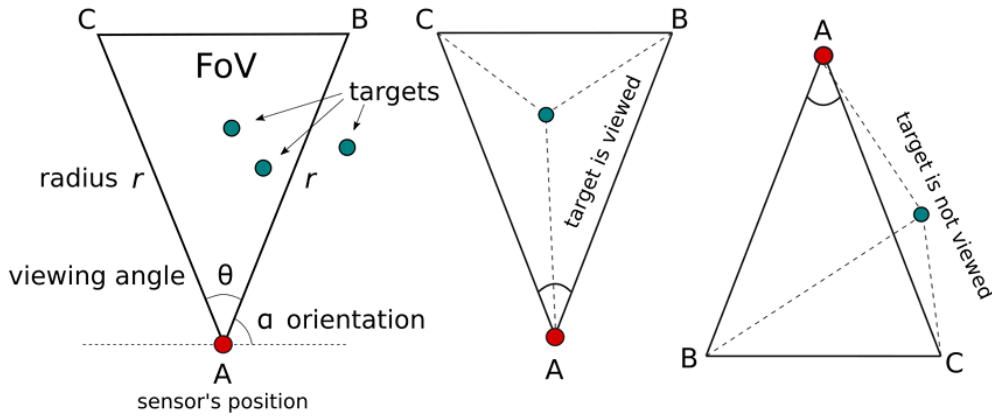
Este estudo tem como objetivo aplicar algoritmos genéticos multiobjetivos para otimizar o posicionamento de sensores para detecção de potenciais emergências e eventos climáticos. Para isso, foi utilizado o algoritmo MNSGA-DO, que tem objetivo de maximizar a cobertura e a redundância dos sensores.

METODOLOGIA

Modelagem do campo de visão dos sensores

Cada sensor possui um **campo de visão (FoV)**, que é definido pelo raio de alcance r , o ângulo de visão θ e a orientação α , que determina a direção para onde o sensor está apontado. A Figura 1 ilustra a modelagem do campo de visão de um sensor [2].

Figura 1: Modelagem do campo de visão de um sensor [2].



A área de cobertura é representada como um triângulo isósceles (Figura 1), cujos vértices são calculados pelas seguintes equações trigonométricas:

$$\begin{aligned}
 Bx(s) &= Ax(s) + r \cdot \cos(\alpha(s)) \\
 By(s) &= Ay(s) + r \cdot \cos(\alpha(s)) \\
 Cx(s) &= Ax(s) + r \cdot \sin((\alpha(s) + \theta(s)) \bmod 2\pi) \\
 Cy(s) &= Ay(s) + r \cdot \sin((\alpha(s) + \theta(s)) \bmod 2\pi)
 \end{aligned}$$

onde:

- $A(x,y)$, $B(x,y)$, $C(x,y)$ são as coordenadas do sensor;
- r é o raio de alcance do sensor;
- α é o ângulo de orientação do sensor;
- θ é o ângulo de visão.

Configuração do ambiente

O ambiente simulado neste estudo envolveu o posicionamento de sensores em uma área litorânea de 500 m², simulando uma cidade costeira vulnerável a inundações e deslizamentos de terra. A área de cobertura dos sensores foi ajustada em comparação com estudos correlatos encontrados na literatura. Nestes trabalhos, o raio de alcance utilizado era de 70 metros. No entanto, neste trabalho, a área de cobertura foi reduzida para 50 metros devido à topografia complexa e obstáculos presentes em regiões costeiras, como montes e edificações.

A topologia adotada foi baseada em regiões urbanas costeiras com variação no número de alvos, representando infraestruturas críticas (como estações de bombeamento de água e hospitais) e zonas de maior risco. Alvos estáticos foram distribuídos de forma aleatória, e a orientação dos sensores (ângulo α) foi otimizada pelo algoritmo MNSGA-DO.

Otimização genética

O algoritmo utilizado para otimizar o posicionamento dos sensores visuais foi o MNSGA-DO (*Modified Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm Distance-Oriented*) [3], uma variante do NSGA-DO [4], que por sua vez é uma alteração do NSGA-II [5]. A principal diferença do MNSGA-DO entre o NSGA-DO e o NSGA-II é sua capacidade de selecionar soluções com maior diversidade na Fronteira de Pareto, gerando soluções mais otimizadas. A escolha do MNSGA-DO foi devido ao fato dele ter apresentado melhores resultados, em comparação com o NSGA-II e NSGA-DO, quando aplicados ao problema da maximização da cobertura redundante, no trabalho desenvolvido por [6].

Os objetivos a serem otimizados pelo algoritmo genético multiobjetivo são cobertura (C), que significa maximizar o percentual de alvos cobertos por pelo menos um sensor dentro da área litorânea, e a redundância (R), que significa garantir que os alvos mais críticos sejam monitorados por mais de um sensor, aumentando a eficiência da detecção em caso de falhas. Os parâmetros das simulações são:

- Área total: 500 m²
- Raio de alcance dos sensores: 50 metros (ajustado para topografia litorânea)
- Número de sensores: 10 a 80 (variando em diferentes cenários)
- Número de alvos: 50 a 100 alvos, distribuídos aleatoriamente
- Campo de visão (FoV): Definido como um ângulo fixo de 60°
- Orientação dos sensores (α): Otimizada pelo MNSGA-DO

Cada cenário foi executado 20 vezes com diferentes posições para sensores e alvos. O desempenho do algoritmo foi avaliado por meio das métricas de cobertura e redundância.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, pode-se constatar que o MNSGA-DO conseguiu manter bons níveis de cobertura e redundância em todos os cenários simulados, apesar da proximidade que há entre os alvos e as áreas de maior risco. Em regiões litorâneas com obstáculos naturais e diferentes níveis de elevação no terreno, a orientação dos sensores por parte do algoritmo MNSGA-DO se mostrou eficiente na detecção dos alvos. Para cenários com 50 alvos e 10 sensores, o MNSGA-DO conseguiu cobrir 78% dos alvos com pelo menos um sensor e 46% dos alvos foram monitorados por mais de um sensor, garantindo redundância. Em cenários com 100 alvos e 40 sensores, a cobertura aumentou para 85%, e a redundância foi mantida em torno de 50%.

Em regiões mais críticas, como áreas baixas próximas ao mar e zonas de encosta, o MNSGA-DO garantiu que a maioria dos alvos fossem cobertos por múltiplos sensores, aumentando a resiliência para prevenção de falhas utilizando sensores individuais.

O tempo de detecção de eventos críticos simulados (como inundações) foi reduzido em aproximadamente 20% em relação aos testes com a área de cobertura anterior (70 metros), devido à otimização mais precisa da orientação dos sensores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que o uso de algoritmos evolutivos, como o MNSGA-DO, é altamente eficaz para otimizar o posicionamento de sensores em regiões litorâneas, onde a topografia e as condições ambientais limitam a área de cobertura dos dispositivos. Mesmo com a redução do alcance dos sensores, o algoritmo foi capaz de maximizar a cobertura e garantir a redundância em áreas críticas, possibilitando uma detecção eficiente de alvos e eventos de risco.

A aplicação deste método em sistemas de prevenção de catástrofes pode contribuir significativamente para a segurança de cidades costeiras, permitindo uma resposta rápida e eficiente a desastres naturais. Futuras pesquisas podem focar na adaptação do algoritmo para detecção em tempo real e integração com sistemas de Internet das Coisas (IoT) para melhorar a conectividade e resiliência das redes de sensores.

REFERÊNCIAS

- [1] Mello, Allan Yu I., et al. "Abordagem conceitual sobre vulnerabilidade aos desastres naturais no contexto de mudanças climáticas e ambientais: caso no Litoral Norte de São Paulo", Encontro Nacional da ANPPAS, 2012.
- [2] E. O. Rangel, D. G. Costa, and A. Loula, "On redundant coverage maximization in wireless visual sensor networks: Evolutionary algorithms for multi-objective optimization", *Applied Soft Computing*, vol. 82, 2019.
- [3] J. G. Machado, M. G. Pires, F. C. Bertoni, A. H. de Macedo Pimenta, and H. de Arruda Camargo, "A modified nsga-do for solving multiobjective optimization problems," in *Intelligent Systems: 10th Brazilian Conference, BRACIS 2021, Proceedings, Part I*. Springer, 2021, pp. 126–139.
- [4] Pimenta, A.; Camargo, H. "NSGA-DO: Non-dominated Sorting Genetic Algorithm Distance Oriented". *International Conference Fuzzy System*, pp.1-8, 2015.
- [5] Deb, K.; Agrawal, S.; Pratab, A.; Meyarivan, T. "A fast elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-II". *International Conference Parallel Problem Solving from Nature*, vol.1917, 2000.
- [6] J. F. de Oliveira and M. G. Pires, "The maximization problem of redundant coverage in wireless sensor networks: A comparative study among different versions of NSGA-II", *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2023.