

УДК 621.396

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНДАРТНЫХ ВАРИАНТОВ АДАПТИВНЫХ СХЕМ ДЕТЕКТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЫ

М. Б. ЭЛЬ МАШАД

*Университет аль-Азхар,
Египет, Каир, Насер-Сити*

Аннотация. Повышенная устойчивость, присущая появляющемуся единому адаптивному подходу, который хорошо работает при всех видах рабочих условий, привел к созданию комбинированной адаптивной стратегии. При этом объединение конкретных решений одиночных адаптивных схем посредством подходящих правил объединения может улучшить окончательное обнаружение. В частности, объединение процедур усреднения по ячейке СА (cell-averaging), упорядоченных статистик OS (ordered statistics) и модифицированного среднего ТМ (trimmed-mean) позволяет улучшить общую эффективность обнаружения. Цель этой работы состоит в анализе такой разработанной модели, где рабочая среда является неоднородной. Для флуктуаций первичных и вторичных сторонних целей принимается распределение χ^2 с двумя и четырьмя степенями свободы. Конечный вид рабочей характеристики процессора получен для случая одноимпульсного обнаружения. Полученные результаты показывают, что в случае неоднородного фона предлагаемый новый подход является более практичным. В частности, при наличии нескольких целей (групповая цель) этой подход обеспечивает повышенную устойчивость по сравнению с подходами, основанными на СА, OS или ТМ архитектурах. Кроме того, эта оригинальная новая стратегия обеспечивает рабочую характеристику в условиях неоднородной среды, которая превосходит характеристику классического детектора Неймана–Пирсона N-P (Neyman–Pearson). Последний может быть использован в качестве эталонной меры для анализа различных методов в области CFAR детекторов.

Ключевые слова: традиционный детектор CFAR; детектор с фиксированной вероятностью ложной тревоги; моноимпульсное обнаружение; детектор Неймана–Пирсона; распределение χ^2 с двумя и четырьмя степенями свободы; модели Сверлинга; неоднородная среда

1. ВВЕДЕНИЕ

Главной задачей радиолокационной станции является излучение электромагнитных волн и прием возвращенных эхо-сигналов, возбужденных объектами в зоне исследования с целью обнаружения целей, представляющих интерес, и отбрасывания сигналов тех целей, которые не относятся к определенным. С той же целью некоторые объекты, такие как облака, могут рассматриваться как цели для некоторых применений (метеорология) и как ложные сигналы (военные действия) для других

применений. При этом эхо-сигналы, создаваемые на поверхности земли, морской поверхности или в атмосферных массах, рассматриваются как мешающие воздействия и называются помехами (clutter).

Величина сигнала помехи не может быть получена с помощью чисто детерминированных механизмов. Поэтому при моделировании такой помехи прибегают к помощи статистических методов. С другой стороны, рабочая среда современных радиолокационных систем содержит много источников шума, и существуют нежелательные сигналы, которые искус-

REFERENCES

- [1] A. R. Elias-Fusté, A. Broquetas-Ibars, J. P. Antequera, and J. C. M. Yuste, "CFAR Data Fusion Center with Inhomogeneous Receivers," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 28, no. 1, pp. 276–285, 1992, doi: [10.1109/7.135453](https://doi.org/10.1109/7.135453).
- [2] D. Ivkovic, M. Andric, and B. Zrnica, "Nonlinear fusion CFAR detector," in *Proceedings International Radar Symposium*, 2015, doi: [10.1109/IRS.2015.7226305](https://doi.org/10.1109/IRS.2015.7226305).
- [3] M. B. El Mashade, "Monopulse detection analysis of the trimmed mean CFAR processor in nonhomogeneous situations," *IEE Proc. - Radar, Sonar Navig.*, vol. 143, no. 2, p. 87, 1996, doi: [10.1049/ip-rsn:19960324](https://doi.org/10.1049/ip-rsn:19960324).
- [4] L. Zhao, W. Liu, X. Wu, and J. S. Fu, "A novel approach for CFAR processors design," in *IEEE National Radar Conference - Proceedings*, 2001, pp. 284–288, doi: [10.1109/nrc.2001.922992](https://doi.org/10.1109/nrc.2001.922992).
- [5] Y. Hu and J. Liang, "CFAR Decision Fusion Approaches in the Clustered Radar Sensor Networks Using LEACH and HEED," *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 2015, pp. 1–9, 2015, doi: [10.1155/2015/987526](https://doi.org/10.1155/2015/987526).
- [6] S. López-Estrada and R. Cumplido, "Fusion center with neural network for target detection in background clutter," in *Proceedings of the Mexican International Conference on Computer Science*, 2005, vol. 2005, pp. 189–196, doi: [10.1109/ENC.2005.21](https://doi.org/10.1109/ENC.2005.21).
- [7] M. B. El Mashade, "Analysis of Cell-Averaging based detectors for χ^2 fluctuating targets in multitarget environments," *J. Electron.*, vol. 23, no. 6, pp. 853–863, Nov. 2006, doi: [10.1007/s11767-005-0067-0](https://doi.org/10.1007/s11767-005-0067-0).
- [8] W. Q. Wang, *Radar Systems: Technology, Principles, and Applications*. Nova Science Publishers, Inc, 2013.
- [9] M. B. El Mashade, "Analytical performance evaluation of adaptive detection of fluctuating radar targets," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 56, no. 7, pp. 321–334, Jul. 2013, doi: [10.3103/S0735272713070017](https://doi.org/10.3103/S0735272713070017).
- [10] D. Ivkovic, B. Zrnica, and M. Andric, "Fusion CFAR detector in receiver of the software defined radar," in *Proceedings International Radar Symposium*, 2013.
- [11] D. Ivkovic, M. Andric, and B. Zrnica, "Nonlinear fusion CFAR detector," in *Proceedings International Radar Symposium*, 2015, vol. 2015-August, pp. 481–486, doi: [10.1109/IRS.2015.7226305](https://doi.org/10.1109/IRS.2015.7226305).
- [12] = [10] !!!!!
- [13] Y. Xu, C. Hou, S. Yan, J. Li, and C. Hao, "Fuzzy statistical normalization CFAR detector for non-Rayleigh data," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 51, no. 1, pp. 383–396, Jan. 2015, doi: [10.1109/TAES.2014.130683](https://doi.org/10.1109/TAES.2014.130683).
- [14] D. Ivkovic, M. Andric, and B. Zrnica, "Detection of very close targets by fusion CFAR detectors," *Sci. Tech. Rev.*, vol. 66, no. 3, pp. 50–57, 2016, doi: [10.5937/str1603050i](https://doi.org/10.5937/str1603050i).
- [15] M. B. El Mashade, "Performance Predominance of a New Strategy for CFAR Processors over the N-P Model in Detecting Four Degrees of Freedom χ^2 Fluctuating Targets," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 61, no. 9, pp. 377–393, Sep. 2018, doi: [10.3103/S0735272718090017](https://doi.org/10.3103/S0735272718090017).
- [16] J. R. Machado-Fernández, N. Mojena-Hernández, and J. de la C. Bacallao-Vidal, "Evaluation of CFAR detectors performance," *Iteckne*, vol. 14, no. 2, 2017, doi: [10.15332/iteckne.v14i2.1772](https://doi.org/10.15332/iteckne.v14i2.1772).
- [17] J. R. Machado-Fernández and J. D. la C. Bacallao-Vidal, "Cell Averaging CFAR Detector with Scale Factor Correction through the Method of Moments for the Log-Normal Distribution," *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 28, no. 1, pp. 27–44, May 2017, doi: [10.18359/rcin.2408](https://doi.org/10.18359/rcin.2408).
- [18] M. B. El Mashade, "Heterogeneous performance analysis of the new model of CFAR detectors for partially-correlated χ^2 -targets," *J. Syst. Eng. Electron.*, vol. 29, no. 1, pp. 1–17, Feb. 2018, doi: [10.21629/JSEE.2018.01.01](https://doi.org/10.21629/JSEE.2018.01.01).
- [19] H. Wang, Z. Tang, Y. Zhao, Y. Chen, Z. Zhu, and Y. Zhang, "Signal Processing and Target Fusion Detection via Dual Platform Radar Cooperative Illumination," *Sensors*, vol. 19, no. 24, p. 5341, Dec. 2019, doi: [10.3390/s19245341](https://doi.org/10.3390/s19245341).

Received October 18, 2019

Revised April 11, 2020

Accepted April 15, 2020