SECTION: INFORMATION TECHNOLOGY AND CYBERSECURITY

DOI 10.70286/ISU-18.02.2026.012

RELIABILITY-AWARE ANOMALY DETECTION FOR STREAMING MULTIMODAL TIME SERIES IN DECISION SUPPORT SYSTEMS

Uzun Illia
Postgraduate student
Institute of Artificial Intelligence and Robotics
National University «Odessa Polytechnic», Ukraine

Abstract. In streaming multimodal monitoring, modality degradations (e.g., sensor noise or missing data) often trigger false alarms in anomaly detectors, violating operational constraints on the False Alarm Rate (FAR). This paper formulates the problem of FAR-budgeted anomaly detection and proposes a Reliability-Constrained Anomaly Detection (RC-AD) method. RC-AD utilizes online modality reliability estimates to gate the contribution of degraded channels to the anomaly score and to dynamically adjust thresholding logic. Evaluation on controlled streams and real air quality data demonstrates that RC-AD maintains the FAR budget while achieving significantly higher recall on degraded segments compared to naive multimodal baselines.

Keywords: machine learning; data analysis; information systems; decision support; time series; streaming data; multimodal data; anomaly detection; reliability; false alarm rate.

Operational decision support systems require anomaly detection modules that respect a strict budget on false alarms (FAR). Standard multimodal approaches, which aggregate residuals from all sensors, are prone to “flooding” the operator with alerts when one modality degrades (e.g., scale shift or noise), even if the observed process is normal. We address this by introducing a reliability-aware scoring mechanism.

Reliability-Constrained Anomaly Detection (RC-AD). The core idea is to weight the contribution of each modality’s residual $e_t^{(m)}$ by its reliability $r_t^{(m)}$:

$$s_t = \frac{\sum_m r_t^{(m)} e_t^{(m)}}{\sum_m r_t^{(m)} + \epsilon}.$$

Furthermore, we implement a safety gate: if a modality is deemed unreliable ($r_t^{(m)} < \tau$), it is excluded from the threshold update buffer, preventing the system from learning a loose threshold from dirty data. If all modalities degrade, the system enters

a fail-safe mode, suppressing alarms unless the evidence is overwhelming, strictly prioritizing the FAR budget.

Experimental Results. We evaluated RC-AD on a controlled benchmark with injected anomalies (spikes, level shifts) and alternating modality degradations ($T = 5000$). The performance was measured using Recall@FAR for fixed budgets $\beta \in \{0.01, 0.05, 0.10\}$. At a strict budget of $\beta = 0.05$ (5% false alarms allowed), RC-AD achieved a recall of 0.34 ± 0.09, whereas the naive multimodal detector achieved only 0.10 ± 0.06. The naive method exhausted its FAR budget on degradation artifacts, leaving no room to detect actual anomalies. On real UCI Air Quality data, RC-AD similarly outperformed baselines, achieving Recall@FAR=0.097 vs 0.064 at $\beta = 0.01$.

Table 1. Recall@FAR comparison on controlled degraded streams (n = 10 seeds).

Method	$\beta = 0.01$	$\beta = 0.05$	$\beta = 0.10$
Naive Multimodal	0.03 ± 0.02	0.10 ± 0.06	0.18 ± 0.08
Equal-Weight Fusion	0.09 ± 0.05	0.19 ± 0.06	0.27 ± 0.09
RC-AD (Proposed)	0.12 ± 0.05	0.34 ± 0.09	0.43 ± 0.08

The results confirm that incorporating modality reliability into the scoring function is essential for robust monitoring. RC-AD effectively filters out degradation-induced residuals, allowing the detector to focus on genuine process anomalies. This capability is critical for reducing operator fatigue in real-world DSS deployments.

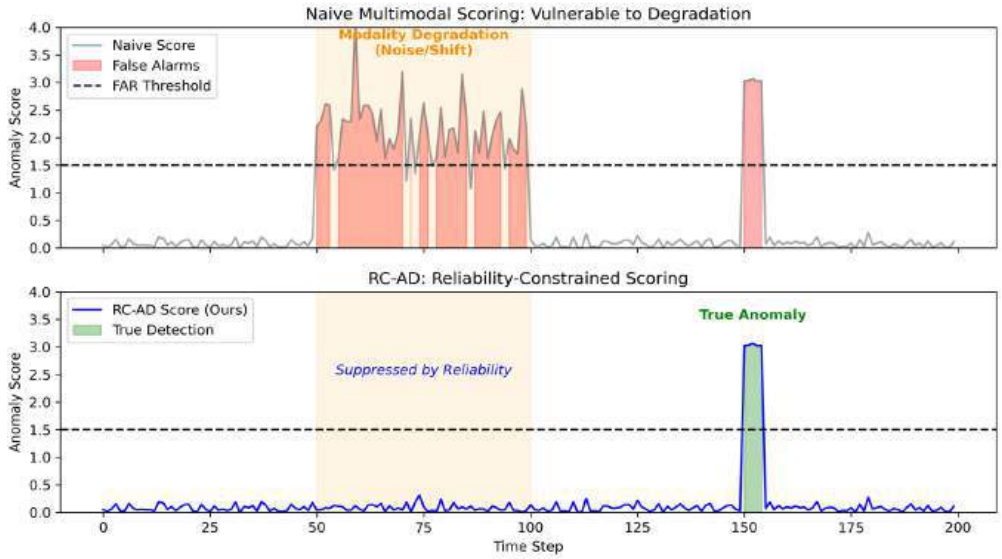

Figure 1. Comparison of anomaly scores: Naive method spikes during degradation (red zones), while RC-AD suppresses artifacts and highlights true anomalies.

References

1. Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. ACM Computing Surveys, 41(3), Article 15. https://doi.org/10.1145/1541880.1541882

2. Gupta, M., Gao, J., Aggarwal, C. C., & Han, J. (2014). Outlier Detection for Temporal Data: A Survey. Synthesis Lectures on Data Mining and Knowledge Discovery. https://ieeexplore.ieee.org/document/6684530/

3. Gama, J., Žliobaitė, I., Bifet, A., Pechenizkiy, M., & Bouchachia, A. (2014). A survey on concept drift adaptation. ACM Computing Surveys, 46(4), Article 44. https://doi.org/10.1145/2523813
4. Guo, C., Pleiss, G., Sun, Y., & Weinberger, K. Q. (2017). On calibration of modern neural networks. In Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (Vol. 70, pp. 1321–1330). PMLR. https://proceedings.mlr.press/v70/guo17a.html
5. Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. Pattern Recognition Letters, 27(8), 861–874. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010
6. Dawid, A. P. (1984). Statistical theory: The prequential approach. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 147(2), 278–292. https://doi.org/10.2307/2981683

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ БАГАТОКОРИСТУВАЦЬКИХ ІГРОВИХ ЗАСТОСУНКІВ У ЖАНРІ «ШУТЕР ВІД ПЕРШОЇ ОСОБИ»

Радельчук Галина Іванівна
кандидат технічних наук, доцент
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Хмельницький національний університет, Україна

У сучасному світі ігрова індустрія є однією з найдинамічніших та найприбуткових галузей, яка стрімко розвивається. Ігри стали важливою частиною дозвілля мільйонів людей по всьому світу, значно впливаючи на соціальні, економічні та технологічні аспекти суспільства. Особливо популярними є багатокористувацькі ігрові застосунки, які дозволяють гравцям взаємодіяти один з одним у віртуальному просторі, створюючи унікальні та захоплюючі ігрові світи. Жанр «шутер від першої особи» (First-Person Shooter, FPS) займає особливе місце серед таких ігор завдяки своїй динамічності, реалістичній графіці та високому рівню залученості гравців [1].

Предметна область багатокористувацьких ігрових застосунків у жанрі FPS має свої особливості та вимоги. Розуміння цих аспектів є важливим для успішного розроблення програмного забезпечення (ПЗ), яке відповідатиме сучасним стандартам та потребам гравців.

Отже, метою статті є дослідження особливостей проєктування багатокористувацьких ігрових застосунків у жанрі FPS, що забезпечить динамічний функціонал (підключення гравців, динамічну система руху, зрозумілий інтерфейс тощо). Для досягнення цієї мети слід вирішити низку завдань, а саме:

– провести аналіз існуючих рішень у жанрі FPS;
– обгрунтувати перелік задач для реалізації застосунку;