Оценивание числа пешеходов в группе средствами мониторинговой системы класса C/F-OTDR

Тимофеев А.В., Сыздыков А.Х., Грознов Д.И.

DOI: 10.13140/RG.2.2.19026.30401

Ключевые слова: группа пешеходов, оценивание числа пешеходов в группе, C/F OTDR системы мониторинга

Цель проведенных экспериментальных исследований.

Используя современные методы **Machine Learning**, выяснить потенциальные возможности оценивания количественного состава пешеходной группы, а также распознавания иных типов пешеходных целей при использовании оптоволоконных систем класса C-OTDR.

Общие сведения

Оптоволоконные системы класса C-OTDR считаются достаточно хорошо изученными, однако до сих пор остается открытым вопрос, который касается эффективности решения целого ряда практически важных задач, в том числе, **возможность классификации групповых целей**, которую обеспечивают данные, снимаемые с выхода систем данного класса. Практиками считается, что системы данного класса неспособны уверенно различать группы по их количественному составу.

Авторы считают такую точку зрения **неверной**, а неспособность современных оптоволоконных систем корректно классифицировать групповые цели – **следствием недостаточно проработанной математической базы**, которая используется для анализа входного потока данных.

Для подтверждения данного тезиса была проведена серия натурных экспериментов, результаты которых полностью подтвердили возможность распознавания с высокой вероятностью, что обеспечивается применением методов **Machine Learning.**

Пространство признаков, которое использовалось при решении классификационных задач вполне оригинально и описано в статье “КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ОПТОВОЛОКОННЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ”, “Автометрия”, №1, 2020.

В экспериментах использовался интеррогейтор производства компании «Т8», модификация «Дунай-1». Программное обеспечение – оригинальное, 100% разработка компании LLP «EqualiZoom».

В ходе экспериментов была протестирована возможность различения целей следующих классов:

1. Пешеход
2. Группа из двух пешеходов
3. Группа из трех пешеходов
4. Пластун

Примечание: поскольку цели других классов, в том числе – машины (легковая, грузовая), гусеничная техника, копка, - распознаются с надежностью выше 98%, они были исключены из рассмотрения в рамках данного исследования.

Условия сбора базы данных целевых сигналов. База данных собиралась в условиях, приближенных к условиям пограничной полосы. Почва: **плотный песок, щебень**. Глубина закладки сенсора: 40 см. Часть базы была собрана в летний период, часть - в зимний период.

Фото с места сбора данных

Параметры численного эксперимента

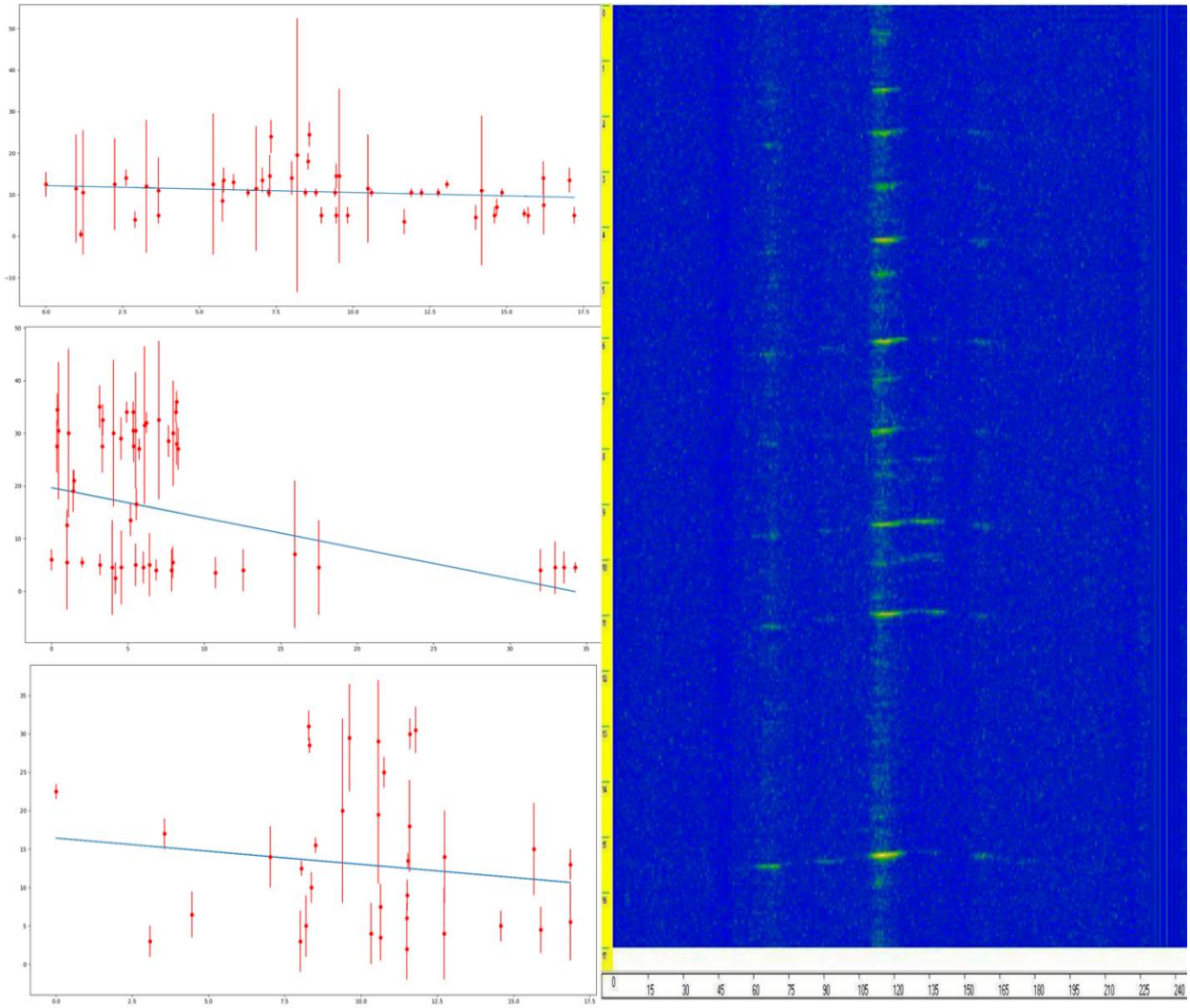
Состав базы данных образцов:

Вид образца	**Число образцов длиной более 1.5 сек**	**Максимальная длительность образца**
Пешеход	491	12 сек
Группа из двух пешеходов	172	4 сек
Группа из трех пешеходов	124	3 сек
Пластун	41	7 сек

Метод тестирования: скользящее среднее (cross-validation)

Примеры типичных потоков импульсных отметок для разных типов целей:

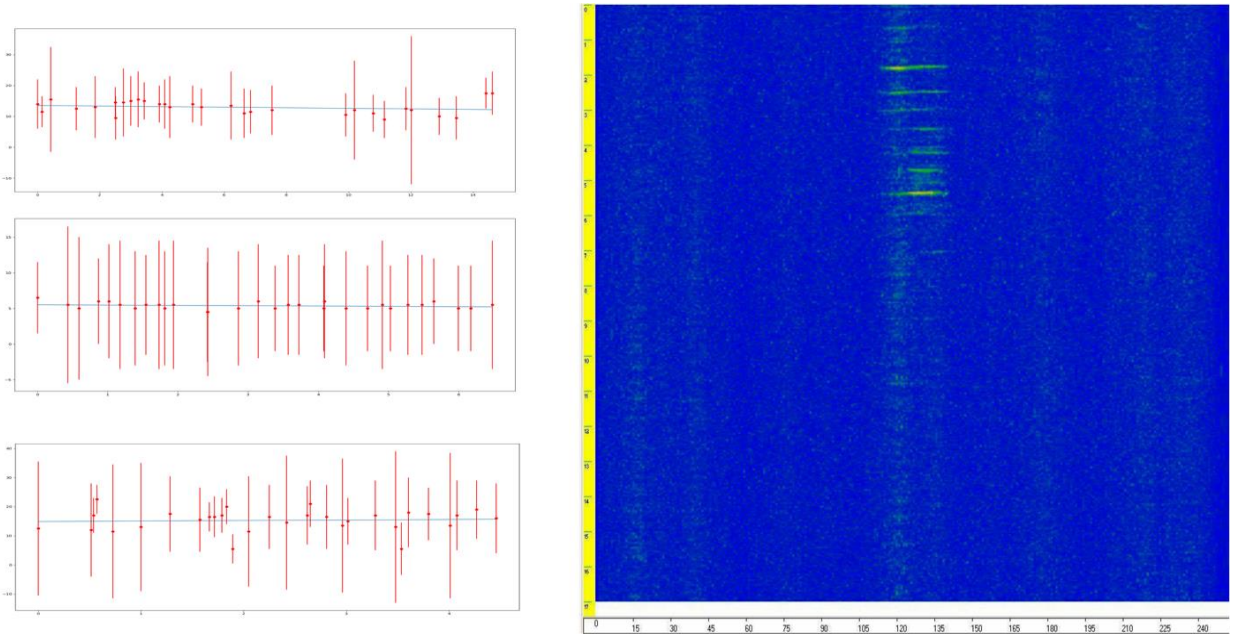
- ***Пластун***



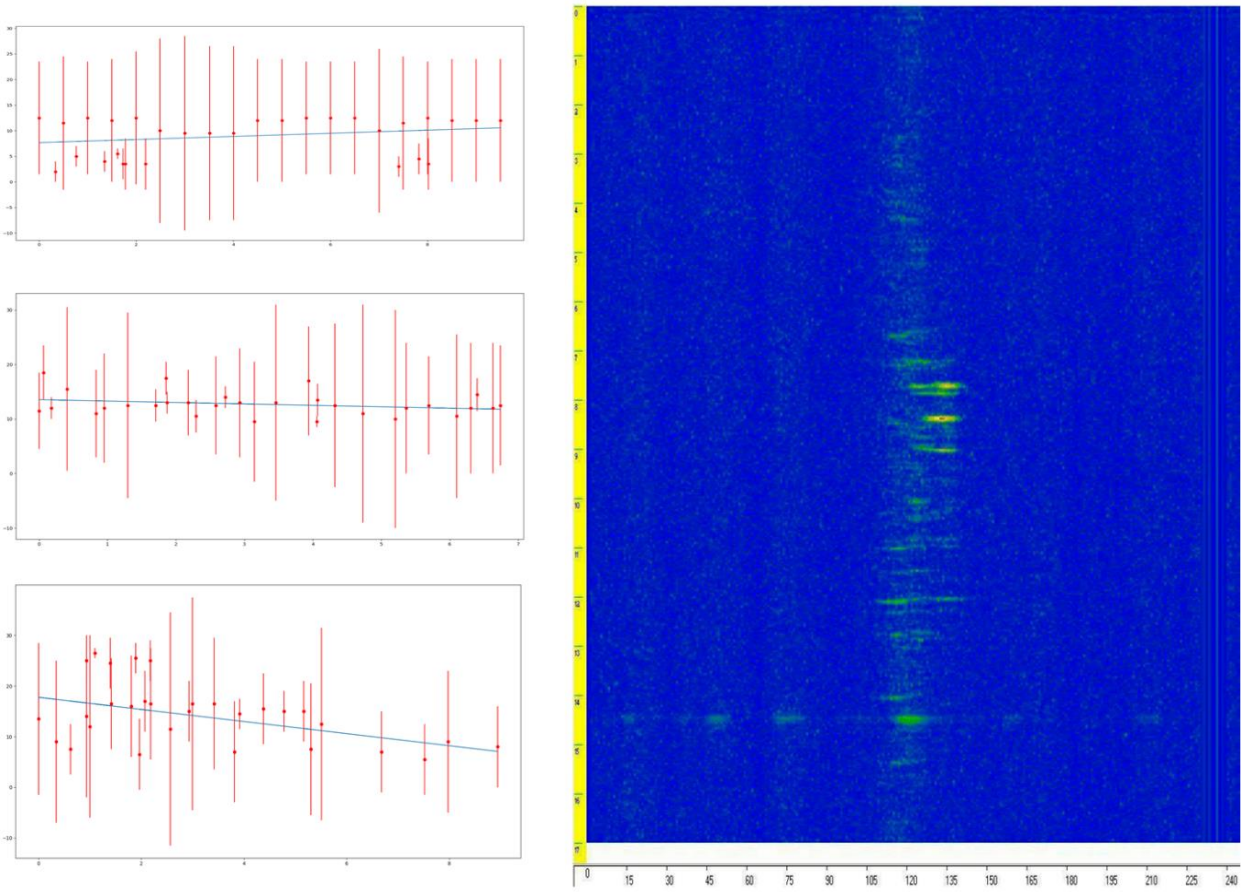
Диаграммы отметок (красный цвет, левая часть): по оси абсцисс: время в секундах, по оси ординат – ширина отметки в метрах.

Диаграмма типа Water Fall (справа): по оси абсцисс – метры, по оси ординат – время.

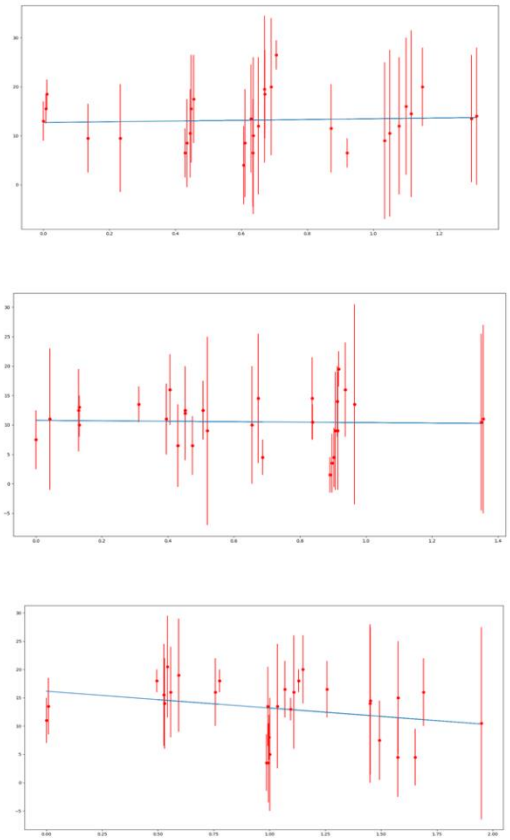
- ***1 человек (лето + зима (снег толщиной 20 см)***

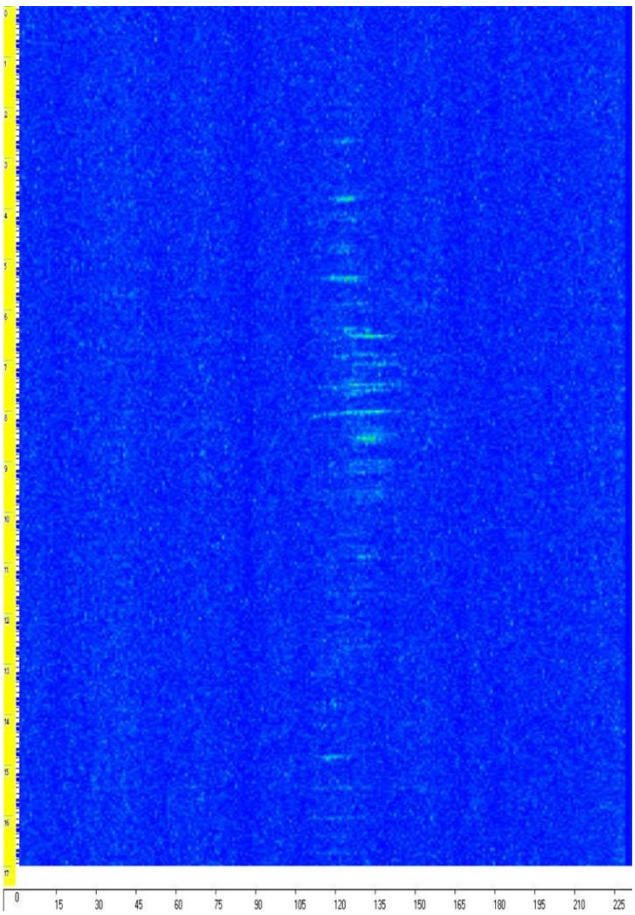


- ***2 человека (зима, снег толщиной 20 см)***



- ***3 человека (зима, снег толщиной 20 см)***





Результаты автоматической классификации с использованием методов Machine Learning на специальным образом синтезированной системе интегральных признаков (Features)

Метод: XGBoost

Класс	precision	recall	f1-score	support
1 man	**1.00**	0.99	1.00	128
2 man	**1.00**	1.00	1.00	39
3 man	**0.91**	1.00	0.95	30
Пластун	**1.00**	0.80	0.89	10
avg / total	**0.99**	**0.99**	**0.99**	**207**

Confusion_matrix (матрица ошибок)

1 man	127	0	1	0
2 man	0	39	0	0
3 man	0	0	30	0
Пластун	0	0	2	8

Метод: Multi-Class SVM

Класс	precision	recall	f1-score	support
1 man	**0.98**	0.96	0.97	128
2 man	0.97	**1.00**	0.99	39
3 man	0.82	0.93	0.87	30
Пластун	**1.00**	0.80	0.89	10
avg / total	**0.99**	**0.99**	**0.99**	**207**

Confusion_matrix (**матрица ошибок**)

1 man	123	0	5	0
2 man	0	39	0	0
3 man	1	1	28	0
Пластун	1	0	1	8

Обозначения:

Классические метрики качества: Precision , recall, f1-score. Эти метрики характеризуют различные особенности качества работы алгоритмов (избирательность, чувствительность, точность). Наихудшее значение – ноль, максимально хорошее значение – единица.

Support - **число образцов класса, использованных в тесте**

Confusion_matrix – **матрица ошибок**. Эта матрица показывает: сколько образцов из каждого класса было классифицировано верно (диагональ), и сколько было классифицировано ошибочно (недиагональные элементы). Также отражено то, с какими классами возникла ситуация перепутывания.

Анализ результатов и выводы

Как видно из полученных результатов, несмотря на то что наборы данных были сильно дебалансированы (одиночный пешеход – 491 экземпляр, пластун – 41 экземпляр), система классификации **показала более чем неплохой результат**. В частности, важно то, что система **довольно уверенно различает одиночного пешехода от группы из 2-х человек, а также от группы из 3-х человек**. При этом группы из 2-х и 3-х человек также довольно уверенно различаются. Возникшие перепутывания групп могут иметь две основных причины:

1) Образец, который был неверно классифицирован, имел слишком малую длительность, например, 2 сек (образцов такой длины довольно много во всех классах), в течение которых характерные признаки класса не успели идентифицироваться отчетливо. Например, на протяжении этого интервала, пешеход резко замедлился.
2) На образце оказалось записана композиция нескольких событий: основного события, например, группа из 2-х пешеходов, а также какого-то фонового события (одиночный пешеход, земляные работы и проч).

Таким образом доказано, что при надлежащей организации математического обеспечения системы обработки данных, **системы класса C-OTDR способны уверенно обрабатывать групповые цели.**

PS. После написания данного отчета с полигона поступили дополнительные данные наблюдений, в том числе включающие данные по классу «бегун». Кроме того, была расширена представительность классов по всем другим классам целей (в частности, класс «пластун» был расширен до 73 реализаций). Вновь поступившие данные подверглись анализу и обсчету. Полученные результаты подтвердили (с небольшим улучшением) указанные в данном отчете показатели. Кроме того было выяснено, что класс «бегун» распознается с вероятностью 99%.

References

1. Choi, K.N., Juarez, J.C., Taylor, H.F.: Distributed fiber optic pressure/seismic sensor for low-cost monitoring of long perimeters// In: Proceedings of SPIE 5090, Unattended Ground Sensor Technologies and Applications. 2003. P. 134–141
2. Timofeev A.V., Denisov V.M. Multimodal Heterogeneous Monitoring of Super-Extended Objects: Modern View//In book: Recent Advances in Systems Safety and Security, Chapter: vol. 62 of the series Studies in Systems, Decision and Control, Publisher: Springer International Publishing. 2016. Editors: Grigore Stamatescu. P. 97–116, DOI 10.1007/978-3-319-32525-5_6.
3. A. V. Timofeev and D. V. Egorov, "Bimodal system for surveillance of super-extended objects" //Proceedings of the 2014 6th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI). Bucharest. 2014. P. 57-62. Publisher: IEEE, DOI: 10.1109/ECAI.2014.7090211.
4. Timofeev A.V., Denisov V.M. and others Monitoring industrial facilities using principles of integration of fiber classifier and local sensor networks// SPIE Proceedings, Paper 9525-162. Munich. 2015. DOI: 10.1117/12.2184727
5. Timofeev A.V. Comparison of various approaches to multi-channel Information fusion in c-otdr systems for remote monitoring of extended objects. Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2015, no. 1, vol.15, pp. 122–129 (in English)
6. Timofeev A.V. The guaranteed detection of the seismoacoustic emission source in the C-OTDR systems// ICDSP 2014: International Conference on Digital Signal Processing Conference Proceedings, Barcelona Vol.8 N. 10, pp. 979 – 982.
7. Timofeev A.V. Accuracy of Lipschitz Classifier Ensemble: Confidence Sets Approach// ICNAAM-2014, Rodos, AIP Conference Proceedings 1648, 850011 (2015); https://doi.org/10.1063/1.4913066.
8. Timofeev A.V. New approach to information fusion for Lipschitz classifiers ensembles: Application in multi-channel C-OTDR-monitoring systems. INTERNATIONAL CONFERENCE OF NUMERICAL ANALYSIS AND APPLIED MATHEMATICS 2015 (ICNAAM 2015), Rhodes, Greece; 09/2015, (AIP Conference Proceedings 1738, 480011 (2016); https://doi.org/10.1063/1.4952247.

9. Timofeev A.V., Egorov D. Multichannel Classification of Target Signals by Means of an SVM Ensemble in C-OTDR Systems for Remote Monitoring of Extended Objects. MVML-2014 (The International Conference on Machine Vision and Machine Learning), Prague; 08/2014.