

С. С. Харченко¹✉, С. А. Арбузов¹

Объектно-ориентированная классификация для предварительного анализа данных воздушного лазерного сканирования

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: kharchenk04@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается методика предварительного анализа данных воздушного лазерного сканирования (ВЛС) для выявления участков местности, требующих дополнительных наземных геодезических измерений. Сравниваются результаты, полученные с помощью ВЛС и данные тахеометрической съемки, проводится оценка точности. Выявлено, что ВЛС не всегда демонстрирует высокую эффективность для определенных типов местности, что подчеркивается необходимостью комплексного подхода к выбору методов съемки. В связи с этим предлагается внедрение в существующую технологическую схему объектно-ориентированной классификации для предварительного анализа данных ВЛС, что позволяет принять обоснованные решения о необходимости дополнительной наземной съемки. Статья описывает экспериментальную апробацию предложенной методики, результаты которой подтверждают ее эффективность для дальнейшего применения.

Ключевые слова: воздушное лазерное сканирование, объектно-ориентированная классификация

S. S. Kharchenko¹✉, S. A. Arbuzov¹

OBIA-classification for preliminary analysis of airborne laser scanning data

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: kharchenk04@mail.ru

Abstract. Annotation. The article considers object-oriented classification as a method of preliminary analysis of airborne laser scanning (LiDAR) data. The results obtained with the help of the radar and the data of the total station survey are compared, and an accuracy assessment is carried out. It is revealed that aerial laser scanning does not always demonstrate high efficiency for certain types of terrain, which emphasizes the need for an integrated approach to the choice of shooting methods. In this regard, it is proposed to introduce an object-oriented classification into the existing technological scheme for preliminary analysis of radar data, which makes it possible to make informed decisions about the need for additional ground surveys. The article includes an experimental approbation of the proposed technique, the results of which confirm its effectiveness for further application.

Keywords: LiDAR, object-oriented classification

Введение

В настоящее время технология лазерного сканирования бурно развивается: на рынке появляется все больше доступных лазерных сканеров, развивается технология SLAM-сканирования. Для целей воздушного лазерного сканирования

(ВЛС) на рынке появляется преимущественно модели беспилотных авиационных систем, выступающих в качестве носителей оборудования. Также активно развивается и программные продукты для обработки данных лазерного сканирования. Основная задача технологии ВЛС – уменьшить затрачиваемое время на полевые работы, при этом не потеряв в точности получаемых данных. Поэтому возникает необходимость в эффективных методах уравнивания, фильтрации и классификации данных. Существует множество методов фильтрации и классификации данных, но не существует универсального подхода, работающего для всех типов местности. Более того, для некоторых типов поверхности (высокая, плотная растительность) построить цифровую модель рельефа методом ВЛС вообще не представляется возможным. В связи с этим требуется предварительный анализ данных ВЛС. В статье предложена методика применения объектно-ориентированной классификации для выявления мест, в которых требуются дополнительные наземные измерения.

Методы и материалы

Для исследований применялся аэрофотосъемочный комплекс «Геоскан 401 – Лидар», оснащенный лазерным сканером АГМ – МС3. Воздушное лазерное сканирование было выполнено в августе 2022 года в соответствии с требованиями [3, 2]. Уравнивание данных было выполнено в программном продукте «ScanWorks Pro», последующая обработка (фильтрация, классификация, построение цифровых модели рельефа и местности) в «Terrasolid Terrascan» на базе «MicroStation». Также на исследуемом участке местности была произведена тахеометрическая съемка тахеометром «Leica TS07», обработка данных тахеометрической съемки была произведена в программном продукте «Credo DAT». Операции с растровыми изображениями и объектно-ориентированная классификация были проведены в свободно-распространяемом программном продукте QGIS, модуле Orfeo ToolBox (OTB).

Сравнение результатов тахеометрической съемки и ВЛС

По результатам лазерного сканирования с беспилотного воздушного судна (БВС) была произведена оценка точности по контрольным пикетам, созданным тахеометрическим способом. Плановая оценка точности была произведена по наземным опознакам и характерным объектам местности – дорожным знакам, камерам контроля скорости, камням и т.д.

Для высотной оценки точности по материалам ВЛС и тахеометрической съемки были построены цифровые модели рельефа, представленные на рис. 1.

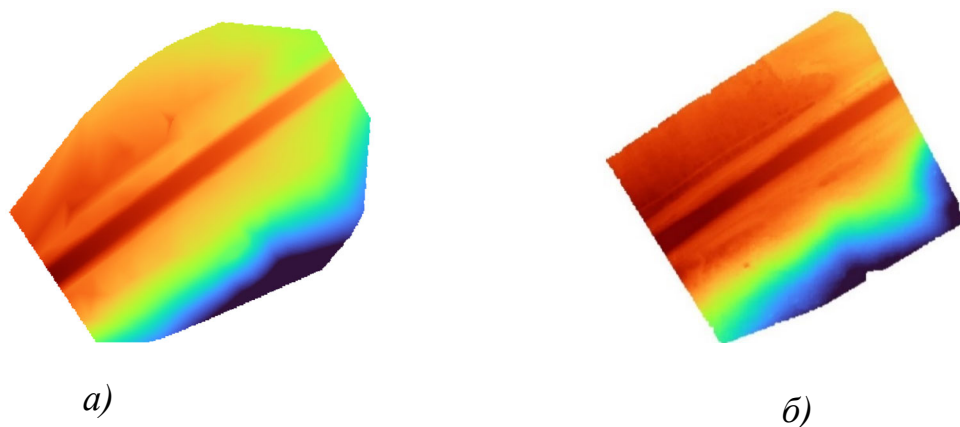


Рис. 1. Цифровые модели рельефа:
а) – по данным тахеометрической съемки, б) – по данным ВЛС

Оценка высотной точности была произведена с помощью построения разностной карты ошибок: ЦМР, полученная по лидарным данным, была вычтена из ЦМР, построенной по результатам тахеометрической съемки. Полученное изображение было классифицировано в соответствии с допусками по ошибкам, описанным в [2, 3].

После создания разностной моделей высот (рис.2.) данные были проанализированы с помощью продольных профилей в ПО «TerraSolid». Продольные профили имели «глубину» - 0,5 м, синим цветом – облако точек, полученных с лидара, черным цветом – проинтерполированные тахеометрические точки. Построенные профили представлены на рис. 3.

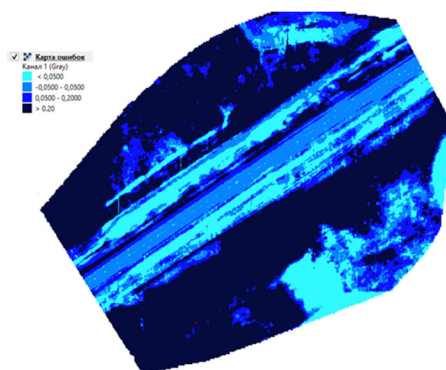
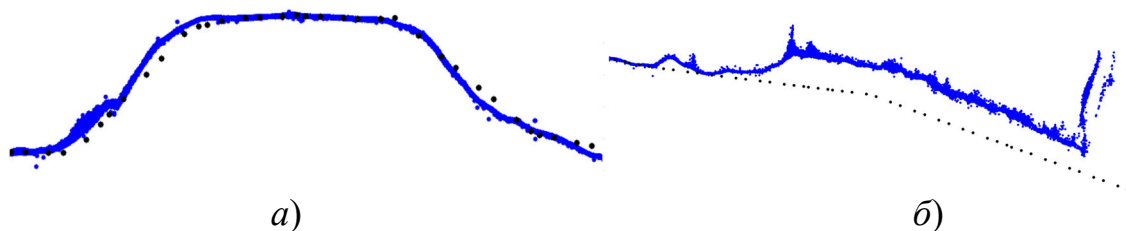


Рис. 2. Разностная модель высот



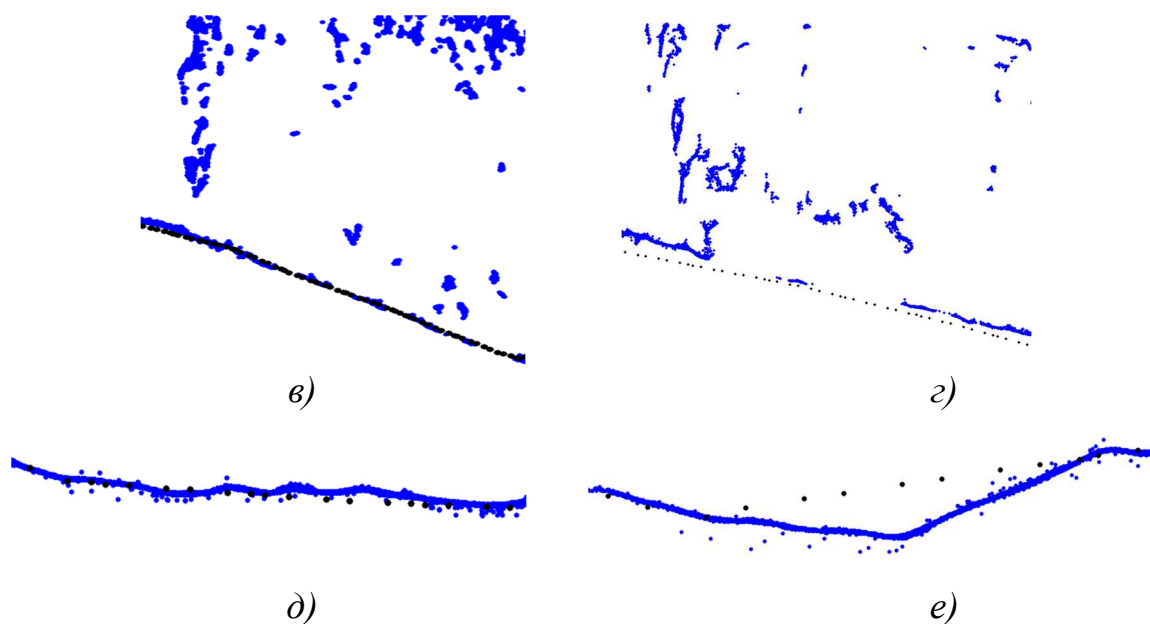


Рис. 3. Продольные профили, построенные для разных типов местности:
а) автодорога, б) высокая травяная растительность, в) лесная растительность без подлеска, г) лесная растительность с подлеском, д) низкая травяная растительность, е) ошибки интерполяции

Как следует из рис. 3, наименьшие расхождения между двумя моделями были получены на заасфальтированных участках, в местности со скошенной травой и в лесу с низкой подлесной растительностью. Значительные расхождения между двумя моделями возникли на щебне, открытом грунте, высокой траве и в лесу с высоким и плотным подлеском. Расхождения на щебне и открытом грунте можно объяснить ошибкой интерполяции – пикеты с помощью тахеометра набирались через 15 м, что гораздо меньше плотности ВЛС. Расхождения на участках, поросших травой, связаны с практически полным отсутствием точек лазерного отражения (ТЛО) от земли и наличием многочисленных отражений от частей растений на разной высоте.

Таким образом, при проведении тестовой экспериментальной съемки выяснилось, что при всех своих достоинствах метод ВАС имеет ограничения, требующие применения наземных инструментальных методов.

Поэтому в существующую технологическую схему выполнения работ [4] необходимо добавить раздел, в котором специалисту требуется проанализировать полученные данные с лидара на предмет их достоверности и, в соответствии с этим, выполнить досъемку местности наземными средствами.

Объектно-ориентированная классификация для предварительного анализа данных воздушного лазерного сканирования

Возвращаясь к анализируемым данным, было высказано предположение, что ошибка на местности может быть связана с величиной дисперсии облака точек. Данное предположение основано на продольных профилях, представленных на рис. 3.

Для предварительного анализа территории с целью определения участков местности, на которых без использования наземных методов построение достоверной цифровой модели рельефа невозможно, была предложена методика применения «Объектно-ориентированной классификации» для анализа матрицы высот.

Объектно-ориентированная классификация (Object Based Image Analysis – OBIA) – это метод объединения объектов в классы по какому-либо значению или диапазону значений. Методы объектно-ориентированной классификации, основанные на сегментации изображений, направлены на выявление и классификацию сегментов изображений, а не отдельных пикселей [1].

Основная идея предлагаемого подхода – классифицировать блоки пикселей матрицы высот по четырем признакам: стандартное, минимальное, максимальное и среднее отклонения. В результате должен получиться растр, на котором будут выделены зоны различных классов по характеру подстилающей поверхности. В дальнейшем по такому растру можно будет определить объем полевых наземных работ и территорию на местности, где они необходимы.

На первом этапе предварительного анализа данных была построена разностная модель – путем вычитания цифровой модели рельефа (ЦМР) из цифровой модели поверхности (ЦМП). На рис. 4 представлена ЦМП по результатам ВЛС, а также полученная разностная модель.

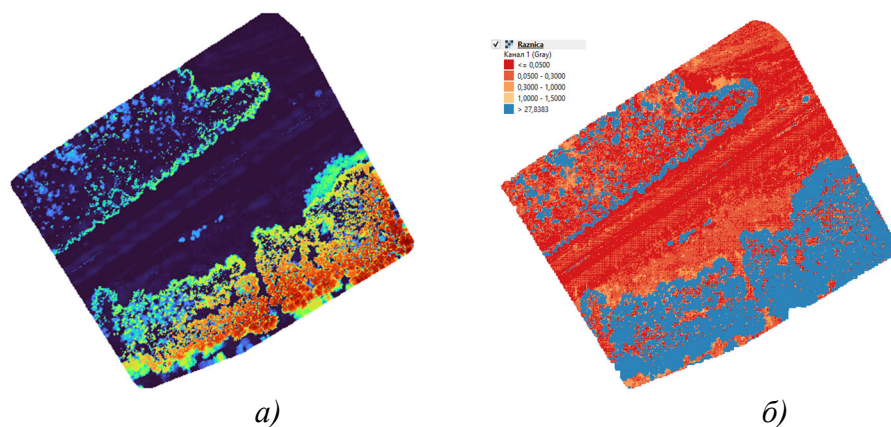


Рис. 4. Полученные растры:
а) ЦМП, б) разностная модель

Далее была построена сетка размером 1х1 м, а затем с помощью модуля ОТВ была посчитана зональная статистика по разностной модели для каждой ячейки. На основании полученных данных была построена сетка размером 1х1 м, а затем с помощью модуля ОТВ была посчитана зональная статистика по разностной модели для каждой ячейки. Затем была сформирована обучающая выборка на основе разностной модели. Всего было создано пять регионов интереса:

- 1 класс – расхождения до 0,05 м,
- 2 класс – от 0,05 до 0,1 м,
- 3 класс – от 0,1 до 0,3 м,

4 класс – от 0,3 до 1,5 м,

5 класс – пустые ячейки без информации.

Созданные области интереса представлены на рис. 5.

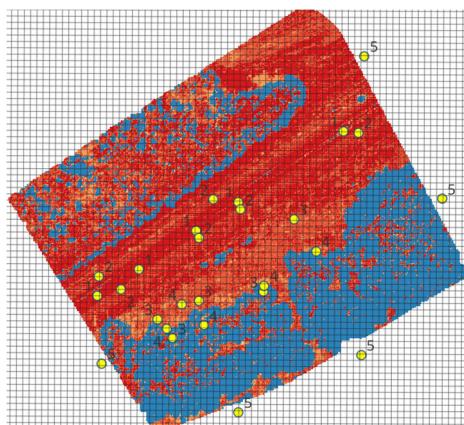


Рис. 5. Обучающая выборка

Далее было произведено обучение и непосредственно классификация. ОТВ представляет несколько методов классификации [5]:

- метод «опорных векторов»;
- метод с использованием «дерева решений»;
- классификация на основе искусственных нейронных сетей;
- нормальный байесовский классификатор;
- метод «случайных лесов»;
- метод «к-ближайших»;
- метод – «к-средних»;

Классификация была произведена с помощью всех доступных в ОТВ методов. По результатам экспериментов с задачей справились методы «случайных лесов», «дерево решений» и «опорных векторов» (рис.6).

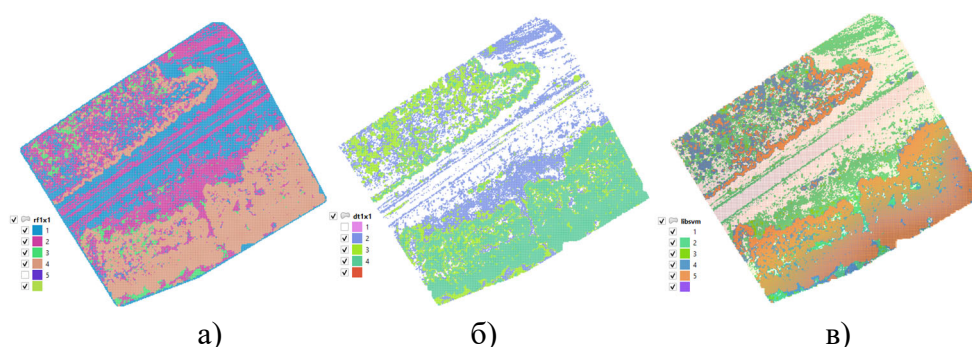


Рис. 6. Результаты работы методов:

а) «случайных лесов»; б) «дерево решений»; в) «опорных векторов»

Как видно из рис. 6, с помощью данной методики удалось выделить участки с высокой травой. Но из-за деревьев не были выделены участки с высокой и низкой

подлесной растительностью. Для выделения таких участков была построена новая цифровая модель поверхности, но без ранее классифицированных деревьев. Далее была произведена OBIA классификация по описанным выше этапам. Также из-за неоднородности «подлесной» растительности классификация производилась на основе сетки размером 2,5х 2,5 м. Классификация была проведена с помощью всех доступных методов, при этом наиболее хорошие результаты показали методы классификации «опорных векторов» и «случайных лесов» (рис. 7).

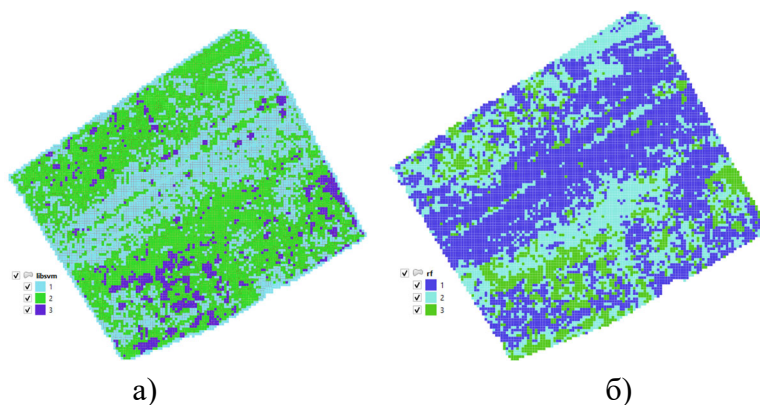


Рис. 7. Результаты работы методов:
а) «опорных векторов», б) «случайных деревьев»

Таким образом на основании полученной модели можно выделить полигоны, где требуются дополнительные наземные измерения. Данные полигоны можно векторизовать с помощью стандартных методов Q – GIS и экспортировать в обменный формат Shape, DXF, KML/KMZ и др. Далее полученный файл можно передать на любое устройство (в том числе на полевой контроллер ГНСС оборудования), поддерживающее данные форматы. Полученную по тестовому полигону обучающую выборку можно использовать для предварительной обработки ВЛС на других объектах.

Обновленная технологическая схема выполненных работ с использованием ВЛС в упрощенном виде с добавленными блоками представлена на рис. 8.

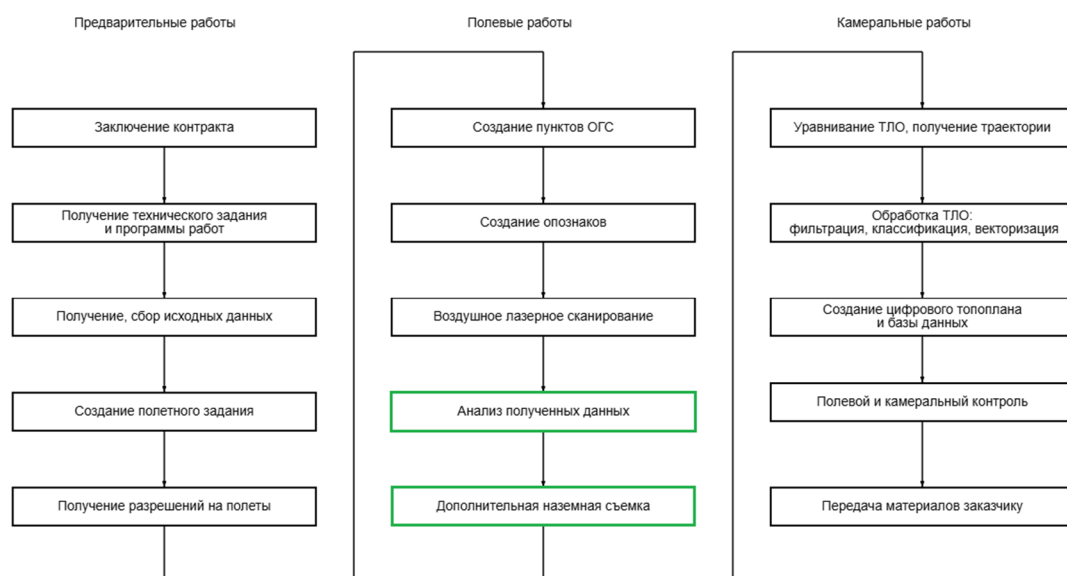


Рис. 8. Упрощенная технологическая схема выполнения работ с использованием ВЛС

Выводы

По результатам экспериментов можно сделать следующие выводы:

- предложенная методика хорошо подходит для предварительного анализа данных ВЛС, полученных на местности с травяной растительностью. Данную методику по упрощенной схеме можно применять в полевых условиях – например, в новых версиях программного продукта для вывода ТЛО – «ScanWorks Pro» – реализована возможность создания поверхностей. В этом случае для предварительного анализа можно обойтись без углубленной классификации точек;
- применение методики для анализа местности с подлесной растительностью более трудоемко, т.к. требует классификации растительности;
- предлагаемая методика нуждается в дополнительных исследованиях ввиду того, что данные тахеометрической съемки были неполными, вследствие чего затруднительно сделать выводы о точности сканирования в некоторых местах; кроме того, исследуемый участок местности является довольно ограниченным по размерам и не содержал всего разнообразия типов растительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Джамалов А.Т., Рагимов Р.М., Алескеров Э.Р. Методика объектно-ориентированной классификации изображений на основе комбинирования космических снимков разного пространственного разрешения [Текст] / А.Т. Джамалов, Р.М. Рагимов, Э.Р. Алескеров // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology. — 2013. — № 15. — С. 55-60.
2. ГОСТ Р 59328-2021. Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 февраля 2021 г. N 85-ст: введен впервые / Федеральным государственным унитарным предприятием «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»), Федеральным государственным бюджетным учре-

ждением «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД») и Обществом с ограниченной ответственностью «Геоскан» . – Москва : Стандартинформ, 2021. – 32 с.

3. ГОСТ Р 70689-2023. Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Общие требования к проведению работ : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 августа 2023 г. N 628-ст: введен впервые / разработан Федеральным автономным учреждением «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (ФАУ «РОСДОРНИИ») Министерства транспорта Российской Федерации . – Москва : Российский институт стандартизации, 2023. – 23 с.

4. Комиссаров, А. В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий : специальность 25.00.3 «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия» : Автореферат на соискание доктора технических наук / Комиссаров, А. В. ; Сибирский государственный университет геосистем и технологий. — Новосибирск, 2016. — 48 с.

5. CNES, CS (Communication Systemes) Train Vector Classifier / CNES, CS (Communication Systemes) [Электронный ресурс] // Orfeo-Toolbox : [сайт]. — URL: https://www.orfeo-toolbox.org/Cook-Book/Applications/app_TrainVectorClassifier.html (дата обращения: 16.01.2025).

© С. С. Харченко, С. А. Арбузов, 2025