

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К СОРТИРОВКЕ КАРАКУЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Л.Н. БОДРЯКОВА¹✉, К.Э. РАЗУМЕЕВ²✉, Ю.А. ЮЛДАШБАЕВ³✉

¹ Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского;
г. Норильск, Российская Федерация; ✉ isit.zgu.2022@gmail.com

² Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
г. Москва, Российская Федерация; ✉ razumeev-keh@rguk.ru;

³ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация;
✉ yuldashbaev@rgau-msha.ru

INNOVATIVE APPROACH TO CARACUL SORTING BASED ON COMPUTER VISION TECHNOLOGIES

L.N. BODRYAKOVA¹✉, K.E. RAZUMEEV²✉, YU.A. YULDASHBAEV³✉

¹ N.M. Fedorovsky Zapolyarny State University;

Norilsk, Russian Federation; ✉ isit.zgu.2022@gmail.com;

² A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art);
Moscow; Russian Federation, ✉ razumeev-keh@rguk.ru;

³ Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev;
Moscow, Russian Federation,; ✉ yuldashbaev@rgau-msha.ru

Аннотация. В статье рассмотрен ассортимент шкурок каракуля, особенности различных видов, процесс оценки качества и учитываемые показатели свойств. Выполнен анализ возможности совершенствования процесса сортировки путем применения технологий искусственного интеллекта. Приведены результаты разработок внедрения технологий искусственного зрения в процесс формирования однородных групп по таким характеристикам, как цвет волосяного покрова и рисунок шкурки.

Ключевые слова: шкурки каракулево-смушковой группы, свойства волосяного покрова, тип завитка, качество шкурки, однородные кластеры, технологии искусственного интеллекта

Summary. The article discusses the range of astrakhan pelts, the features of different types, the quality assessment process, and the properties that are taken into account. The article analyzes the possibility of improving the sorting process by using artificial intelligence technologies. The article presents the results of the development of artificial vision technologies for forming homogeneous groups based on characteristics such as hair color and skin pattern.

Keywords: skins of the Karakul-Smushka group, hair properties, curl type, skin quality, homogeneous clusters, artificial intelligence technologies

Введение. Каракуль является одним из древних и уникальных видов меха. Каракульская овца – животное, которое начал разводить человек с целью получения красивого меха. Шкурки каракулево-смушковой группы традиционно пользовались высоким спросом. Эффектная и оригинальная фактура, универсальность и возможность комбинирования с другими видами меха и текстильными материалами,

разнообразие и возможность получения различных силуэтов изделия привлекают дизайнеров и потребителей [1, 2].

Товарные свойства каракуля обусловлены качественными и количественными признаками кожаной ткани (толщиной, пластичностью, мягкостью, потяжкой), волосяного покрова (густота, упругость завитков, шелковистость, блеск, качество завитков, окраска), а также шкурки в целом (площадь, наличие пороков и деформаций). Отдельные свойства коррелируют друг с другом, например, блеск и шелковистость волосяного покрова находятся в положительной корреляции, а упругость завитка – в отрицательной с последним. Признаками шкурок высокого качества является блеск волосяного покрова, нормальная его шелковистость и в то же время высокая упругость завитка [3]. Таким образом, в ходе оценки качества проводят комплексный учет свойств, оптимизируют свойства, коррелирующие между собой. Сортировщику необходимо уметь идентифицировать нюансы градаций и свойств, а отсутствие инструментальных методов обуславливает необходимость выполнения органолептической оценки, что затрудняет процесс сортировки.

В то же время каждая шкурка каракуля уникальна и имеет свой неповторимый рисунок, формирующийся из завитков. В целом характер завитков, их форма, размер и комбинации, фактура поверхности являются одним из наиболее важных показателей качества шкурки. Только при наличии наиболее ценных типов завитков и при распределении их на большей площади шкурки учитывают другие свойства и показатели качества. По качеству каракульские завитки делятся

на: ценные, малоценные, порочные; по высоте – на высокие и плоские.

К ценным завиткам относятся: валеk, боб, узкая гривка, к малоценным – кольцо, полукольцо, горошек, короткая гривка и широкая гривка (рис. 1 а). К порочным завиткам относятся штопоровидные завитки, низкие и высокие ласы и деформации всех видов.

Также оценивают такие свойства завитков, как длина, ширина, густота расположения, упругость, топография (фигурность), рисунок, направление открытой стороны завитка (рис. 1 б).

Качественные шкурки ценятся очень высоко. Также котируется возможность получения большого количества однотипных шкурок с заданными параметрами, что в значительной степени зависит от грамотной селекционной работы [1]. В настоящее время выделяют три основных вида каракуля в соответствии со страной-производителем: узбекский каракуль, афганский каракуль, южноафриканский каракуль (свакара).

В советский период в Узбекистане проводилась тщательная селекционная работа, направленная на получение легких шкурок с тугим завитком, равномерно распределенным по площади. Поэтому в настоящее время для узбекского каракуля характерно наличие плотного шелковистого завитка типа валеk, боб и достаточно тонкой кожной ткани. Отсутствие планомерной селекционной работы привело к вырождению и определило высокий процент дешевого каракуля низких сортов.

Шкурки афганского каракуля наиболее распространены в настоящее время и занимают вторую

позицию по ценовой категории. Они имеют более плоский завиток, блестящий волосаной покров и плотную кожную ткань.

Южноафриканский каракуль – свакара (Намибия) является самым дорогим. Селекционная работа проводится на высоком уровне, в результате чего получают однотипные шкурки высокого качества.

Для шкурок узбекского и афганского каракуля такая возможность отсутствует. Шкурки афганского каракуля имеют тугие, четко выраженные вальки, формирующие рисунок шкурки, дольше сохраняющийся по возрасту, что позволяет получать шкурки большей площади.

Вариации цвета также оказывают влияние на качество шкурок. К наиболее ценным относятся шкурки белого цвета, являющиеся чрезвычайно редкими. Наборы белого цвета встречаются среди шкурок свакара. Они имеют чистый молочный цвет. Среди шкурок афганского каракуля белый цвет является редким, случайными выпадами светло-серого. Также высоко ценится расцветка сур – разновидность коричневого цвета, для которой характерно изменение интенсивности цвета по длине волоса от темного у основания до более светлого на концах. Данная расцветка является заслугой советских селекционеров. В целом, несмотря на востребованность коричневых шкурок каракуля, их редко используют в натуральном виде по причине сложности подбора: вариативность по завитку дополняется широким спектром расцветок.

Цель исследований. При проведении сортировки каракуля необходимо учитывать большое количество эстетических характеристик шкурок (около 20

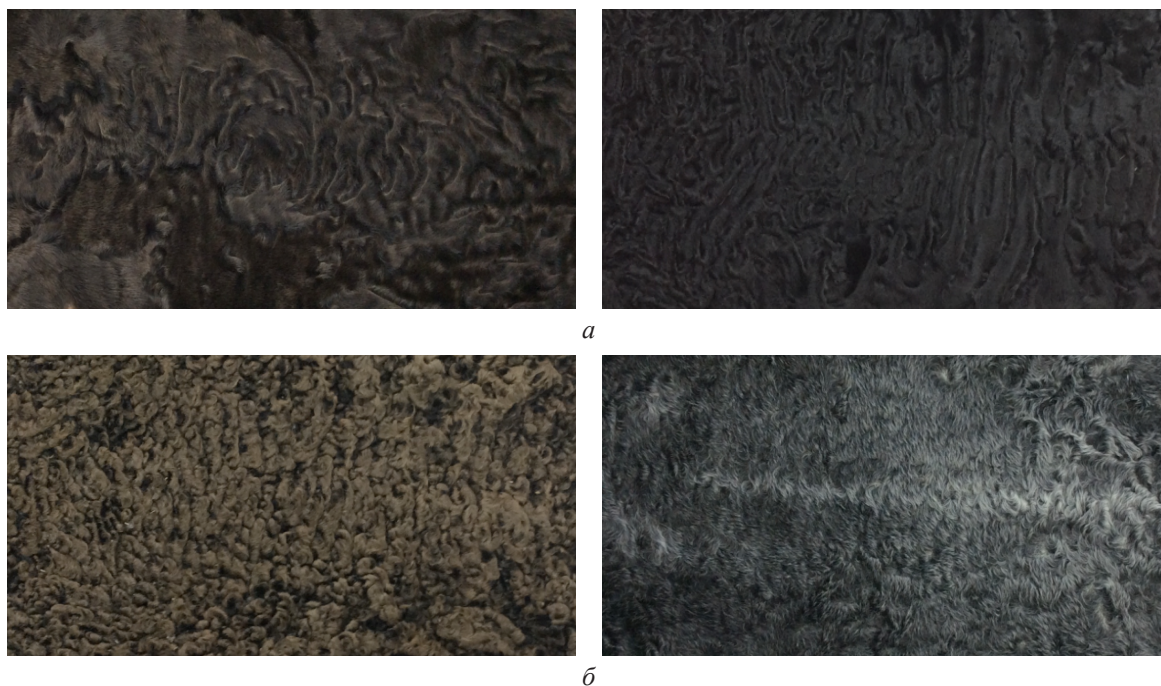


Рис. 1. Разновидности завитков: а – ценные завитки; б – порочные завитки

Fig. 1. Types of curls: a – valuable curls; b – vicious curls

признаков), что затрудняет процессы и увеличивает их трудоемкость. В ходе исследований [4, 5] установлено, что применение технологий искусственного интеллекта, а именно компьютерного зрения, обеспечивает возможность совершенствования процессов сортировки. Проведенные исследования показали перспективность предложенного подхода к решению поставленной задачи [6].

Материал и методы исследования. В выполненных исследованиях сортировка шкурок выполняется с помощью нейронной сети Кохонена, преимуществом которой является высокая гибкость и метод обучения без учителя. Множество оцифрованных изображений шкурок, заранее определенной структуры, группируется в кластеры в зависимости от «схожести» объектов, количество которых нейронная сеть определяет самостоятельно в процессе работы с конкретной выборкой.

Результаты исследований. В ходе тестирования входящей информацией были цифровые изображения шкурок каракулево-смушковой группы различных видов и цветов. На основе анализа изображений получают HEX код каждой шкурки, характеризующий составляющие цвета (рис. 2).

Формирование однородных кластеров происходит на основе анализа цветовых характеристик HEX кода шкурок. В результате работы нейронной сети предложенных цифровых изображений сформированы 5 однородных кластеров. Это обеспечивает возможность выполнить набор шкурок на изделие без необходимости физического перебора пушно-мехового полуфабриката. На рисунке 3 представлен результат обработки шкурок по цвету.

Другим критерием в процессе сортировки каракуля является оценка качества завитка и рисунка шкурки. Оценка данных параметров с применением технологий искусственного интеллекта открывает возможности для автоматизации операции. Автоматическое определение рисунка шкурки выполняется с помощью нейронных сетей и включает следующие этапы:

- Загрузка изображения в оттенках серого;
- Применение к изображению двустороннего размытия;
- Определение контура изображения;
- Расширение полученного изображения.

Обработку изображения выполняют алгоритмом Канни. Результат его работы приведен на рисунке 4.

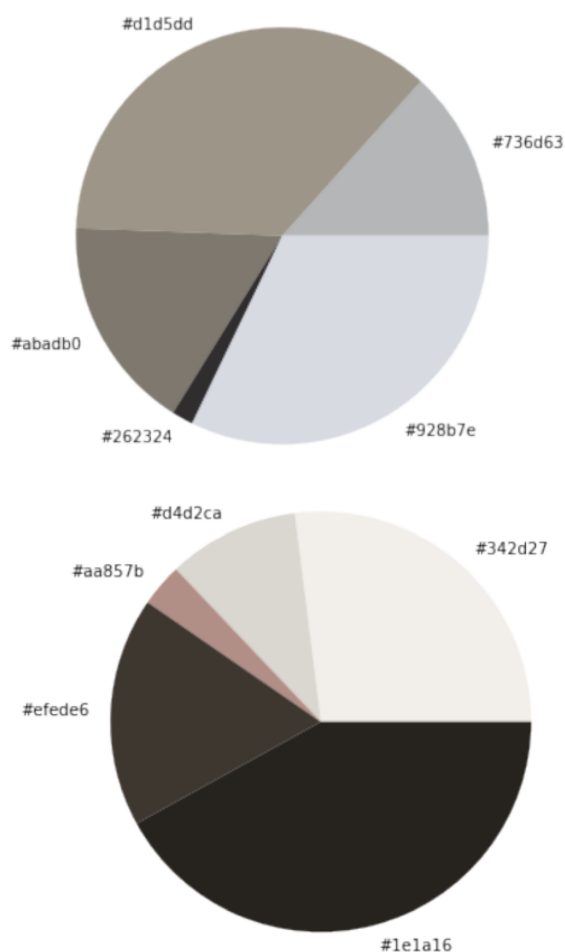


Рис. 2. Примеры полученного HEX кода шкурок

Fig. 2. Examples of the resulting HEX code of the skins

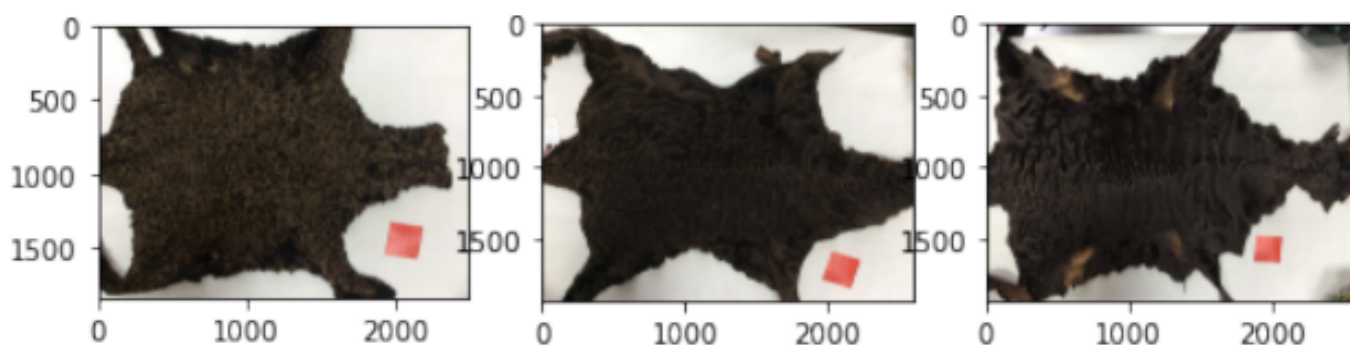


Рис. 3. Результат кластеризации шкурок

Fig. 3. Result of skin clustering

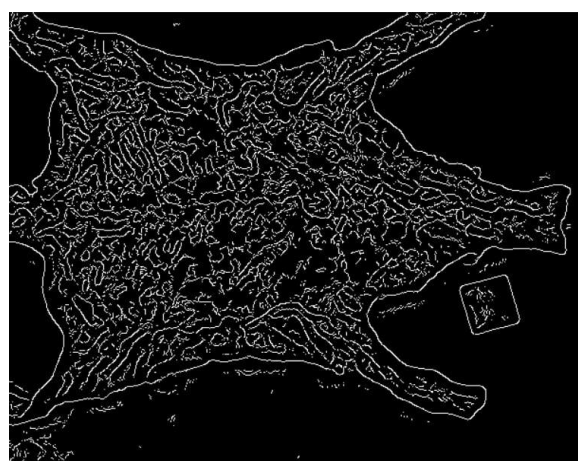


Рис. 4. Выделение границ алгоритмом Канни

Fig. 4. Boundary detection using the Canny algorithm

Выводы. Результаты работы нейронной сети были высоко оценены экспертами. Выполнение сортировки по цвету с применением технологий искусственного интеллекта позволяет добиться совершенствования процесса.

Цель дальнейших исследований – разработка критериев оценки рисунка шкурки и формирование рисунка меховой поверхности на основе их учета.

Проведенные исследования позволили изучить возможности и перспективы применения технологий искусственного интеллекта в процессах сортировки шкурок каракуля и сформировать направление дальнейших исследований.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликтов интересов. Финансирование работы отсутствовало.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflicts of interest. There was no funding for this work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Горбачева М.В., Стрепетова О.А., Савельева Т.И. Анализ современного состояния мехового рынка шкурок

каракулево-смушковой группы • Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кострома, 23-24 марта 2023 года • Сост. и отв. редактор Т.В. Лебедева • Кострома: Костромской государственный университет, 2023. С. 295-299. EDN: KCMUOD

Gorbacheva M.V., Strepetova O.A., Savelyeva T.I. Analysis of the current state of the fur market of Karakul-smush fur group • Scientific research and development in the field of design and technology: Proceedings of the All-Russian Scientific and practical conference with international participation, Kostroma, March 23-24, 2023 • Comp. and editor-in-chief T.V. Lebedeva • Kostroma: Kostroma State University, 2023. Pp. 295-299. EDN: KCMUOD

2. Паржанов Ж.А., Алибаев Н.Н., Ажибеков Б.А. Новые заводские типы каракульских овец Казахстана • Овцы, козы, шерстяное дело, 2020. № 2. С. 2-4.

Parzhanov Zh.A., Alibaev N.N., Azhibekov B.A. New factory types of Karakul sheep of Kazakhstan • Sheep, goats, wool business, 2020. № 2. Pp. 2-4.

3. Горбачева М.В., Стрепетова О.А., Савельева Т.И. Влияние геометрических характеристик волосяного покрова на степень блеска полуфабриката каракуля • Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, 2023. Т. 63. № 5. С. 116-119. DOI: 10.46418/0021-3489_2023_63_05_19. EDN: ICKFTT

Gorbacheva M.V., Strepetova O.A., Savelyeva T.I. Influence of geometric characteristics of the hairline on the degree of gloss of semi-finished karakul • *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Technology of Light Industry*, 2023. Vol. 63. No. 5. Pp. 116-119. DOI: 10.46418/0021-3489_2023_63_05_19. EDN: ICKFTT

4. Бодрякова Л.Н., Кирсанова Е.А. Перспективные технические решения автоматизации и цифровизации • *Вестник Технологического университета*, 2025. Т. 28. № 2. С. 54-60. DOI: 10.55421/1998-7072_2025_28_2_54. EDN: MKTFOB

Bodryakova L.N., Kirsanova E.A. Promising technical solutions for automation and digitalization • *Bulletin of the Technological University*, 2025, vol. 28. No. 2. Pp. 54-60. DOI: 10.55421/1998-7072_2025_28_2_54. EDN: MKTFOB

5. Кирсанова Е.А., Бодрякова Л.Н., Дыптан Е.А., Шатура Н.В. Идентификация пушно-мехового полуфабриката по цвету на основе применения искусственного интеллекта • *Дизайн и технологии*, 2020. № 78 (120). С. 22-27. EDN: EZXAEZ

Kirsanova E.A., Bodryakova L.N., Dyptan E.A., Shatura N.V. Identification of a fur-and-fur semi-finished product by color based on the use of artificial intelligence • *Design and Technology*, 2020. No. 78 (120). Pp. 22-27. EDN: EZXAEZ

6. Кирсанова Е.А., Бодрякова Л.Н., Беляев И.С. [и др.]. Разработка информационной системы автоматизации подготовительно-раскройного этапа скорняжного производства • *Дизайн и технологии*, 2023. № 93 (135). С. 54-60. EDN: BLONJM

Kirsanova E.A., Bodryakova L.N., Belyaev I.S. [et al.]. Development of an information system for automation of the preparatory and cutting stage of fur production • *Design and Technology*, 2023. No. 93 (135). Pp. 54-60. EDN: BLONJM

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила Николаевна Бодрякова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Заполяный государственный

университет, e-mail: isit.zgu.2022@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8108-4493. Российская Федерация, 663310, Красноярский край, г. Норильск, ул. Пушкина, д. 6А;

Константин Эдуардович Разумеев, доктор техн. наук, профессор, Российский Государственный Университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство); 117997, Россия, г. Москва Садовническая ул., 35, тел.: +7 (926)868-76-02, e-mail: razumeev-keh@rguk.ru;

Юсупжан Артыкович Юлдашбаев, доктор с.-х. наук, профессор, академик РАН, зав. кафедрой частной зоотехнии; e-mail: yuldashbaev@rgau-msha.ru; ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Lyudmila N. Bodryakova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, N.M. Fedorovsky Zapolyarny State University, e-mail: isit.zgu.2022@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8108-4493. Russian Federation, 663310, Krasnoyarsk Territory, Norilsk, Pushkin Street, 6A;

Konstantin E. Razumeev, Doctor of Technical Sciences, Professor, A.N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art); Russian Federation, 117997, Moscow, Sadovnicheskaya St., 35, tel.: +7 (926) 868-76-02, e-mail: razumeev-keh@rguk.ru;

Yusupzhan A. Yuldashbaev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Private Animal Science; e-mail: yuldashbaev@rgau-msha.ru; Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russian Federation, 127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

Поступила в редакцию / Received 01.11.2025

Поступила после рецензирования / Revised 10.11.2025

Принята к публикации / Accepted 14.11.2025