Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science https://kostumologiya.ru

2021, №2, Том 6 / 2021, No 2, Vol 6 https://kostumologiya.ru/issue-2-2021.html

URL статьи: https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL221.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:
Сапожникова А.И., Гребенева Ю.С., Реусова Т.В. Цифровая идентификация цветовых типов шкурок норки с учетом показателей их оптических свойств // Научный журнал «Костюмология», 2021 №2, https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL221.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:
Sapozhnikova A.I., Grebeneva Yu.S., Reusova T.V. (2021). Digital identification of color types of mink skins, taking into account the indicators of their optical properties. *Journal of Clothing Science*, [online] 2(6). Available at: https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL221.pdf (in Russian)

УДК 637.612.033.3.05

ГРНТИ 64.37.81

Сапожникова Алла Ионовна
ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Россия
Профессор кафедры «Товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: fibrilla@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5040-6998
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=429612
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6603416182

Гребенева Юлия Сергеевна
ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Россия
Аспирант кафедры «Товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца»
E-mail: julia-21@bk.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8441-9842
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1023050

Реусова Татьяна Викторовна
ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Россия
Доцент кафедры «Товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца»
Кандидат технических наук
E-mail: 5018458@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2495-8788
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=420548

Цифровая идентификация цветовых типов шкурок норки с учетом показателей их оптических свойств

Аннотация. Обоснованы методологические решения по цифровой идентификации цветовых типов шкурок норки с учетом показателей их оптических свойств.

Предложена система инструментальной оценки качества шкурок норки различных цветовых типов по показателям цвета и блеска. Разработан алгоритм многомерной классификации, позволяющий связать комплекс использованных показателей с типологией

окрасок волосяного покрова шкурок норки, что дает возможность идентифицировать объекты по принципу максимального сходства по нескольким переменным одновременно и, тем самым, позволяет однозначно решить задачу идентификации цветовых типов. Точность классификации методом дискриминантного анализа составила 97,07 %.

Использованный методологический подход можно рассматривать как дополнение или альтернативу классической экспертной оценке, так как он исключает субъективность и существенно повышает эффективность интерпретации результатов экспертизы и оперативность принятия решений на этапе сортировки или при подборе шкурок на изделие.

Ключевые слова: пушно-меховое сырье; цветовой тип; цветовые параметры; степень блеска; методический подход; цифровая идентификация; кластерный и дискриминантный анализ; оптические свойства

Введение

В оценке качества пушно-мехового сырья, полуфабриката и готовых изделий оптические свойства играют важную роль и это отражено как в нормативных документах[1], так и в многочисленных научных публикациях [1–5]. Однако, при всей их значимости до сих пор отсутствуют инструментальные методы количественной оценки показателей цвета и блеска, что совершенно неприемлемо для современного мехового производства.

Ранее нами были предложены методические подходы, основанные на статистическом анализе, и технические решения для цифровизации методов определения цвета и блеска шкурок норки различных цветовых типов [2]. Разработанные алгоритмы позволили выявить влияние отдельных факторов на цветовые параметры и показатели блеска шкурок норки.

Анализ полученных закономерностей дал возможность осуществить в системе CIE $L^*a^*b^*$ колориметрическую градацию шкурок, визуально неразличимых внутри цветового типа, и предложить статистическую модель инструментальной сортировки шкурок норки по параметрам цветоразличия [5]. Это дает возможность оценить правильность отнесения отобранных визуальным экспертным способом шкурок норки к определенным цветовым типам.

Инструментальная оценка блеска шкурок норки различных цветовых типов с помощью экспериментального блескомера, позволила разграничить понятия «тип блеска» и «степень блеска» и выбрать адекватную статистическую модель, характеризующую общую природу взаимосвязи между показателями блеска и геометрическими параметрами волоса [6; 7].

В ходе изучения основных оптических свойств была статистически установлена взаимозависимость между интенсивностью блеска и цветовыми параметрами шкурок норки определенных цветовых типов [2].

Данное исследование представляет собой обобщение статистически обработанных данных для создания цифровой системы инструментальной оценки качества шкурок норки различных цветовых типов по показателям цвета и блеска, позволяющих повысить объективность и оперативность принятия решений на этапе сортировки или подборе шкурок на изделие [8; 9], и с учетом вышеизложенного, является актуальным и своевременным.

Цель работы заключается в разработке методологических решений по цифровой идентификации цветовых типов шкурок норки с учетом показателей оптических свойств.

Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Объекты исследования

В качестве объектов исследования использовали 820 образцов шкурок самцов норки клеточного разведения следующих цветовых типов: черная, темно-коричневая, коричневая (дикого типа), пастель, топаз, лавандовая, браун, жемчужная, белая, серебристо-голубая, алеутская, голубой ирис, сапфир, виолет, предоставленных ООО "Русская меховая компания" (город Москва, улица Дмитровка Б., 11) [2].

Методы исследования

Шкурки норки различных цветовых типов были отсортированы на ООО "Русская меховая компания" согласно ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия»[1].

Оценку общего цветового тона шкурки волосяного покрова шкурок норки проводили инструментально, с помощью портативного сферического спектрофотометра X-rite SP-62[2]. В качестве топографического участка был выбран хребет.

Инструментальная оценка блеска шкурок норки различных цветовых типов была проведена на экспериментальном блескомере, позволяющем количественно оценивать блеск пушно-меховых материалов, кардинально отличающихся по своей текстуре от гладких блестящих поверхностей, и исключающим зависимость отраженного поверхностью меха светового потока от ориентации плоскости источника и приемника относительно направления роста волос и от степени светлоты поверхности меха[3] [1; 3; 5].

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили методами математической статистики по сформированной базе данных из 820 образцов шкурок норки различных цветовых типов, которую можно рассматривать как обучающую выборку[4]. Расчеты, построение графиков и их описание проводили с помощью приложений Microsoft Office Excel

---

[1] ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 сентября 2013 г. N 865-ст. введен впервые: дата введения 2015-01-01 / разработан ГНУ НИИПЗК Россельхозакадемии. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 25 с.; 29 см. – Текст: непосредственный.

[2] Спектрофотометры серии SP60. Руководство по эксплуатации (модели SP60, SP62, SP64). – X-Rite Incorporated. – 68 с.

[3] ГОСТ 31975-2017 «Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий под углом 20°, 60° и 85°» национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2017 г. N 1005-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31975-2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г. / разработан Комитетом по стандартизации ТК 35 "Краски и лаки". – Москва: Стандартинформ, 2017. – 20 с. – Текст: непосредственный.

[4] ГОСТ Р ИСО 24153-2012 «Статистические методы. Процедуры рандомизации и отбора случайной выборки»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. N 1272-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем" (АНО "НИЦ КД"): Стандартинформ, 2014. – 30 с.; 29 см. – Текст: непосредственный.

2010[5] для Windows и программы Statistica 10 с использованием методов кластерного и дискриминантного анализа[6].

Результаты исследования

Для уточнения общего влияния таких количественных информативных признаков как показатели цвета и блеска на идентификацию цветового типа шкурок норок и подтверждение органолептических экспертных заключений[1], на первом этапе исследований были сформированы базы данных по колористической характеристике шкурок норки (табл. 1) и показателям степеней блеска тех же шкурок (табл. 2).

Таблица 1

Средние, минимальные и максимальные значения цветовых характеристик шкурок норки различных цветовых типов, n = 820

Цветовая группа	Количество образцов	Цветовые координаты								
		L^*			a^*			b^*		
		L^*_{min}	L^*_{cp}	L^*_{max}	a^*_{min}	a^*_{cp}	a^*_{max}	b^*_{min}	b^*_{cp}	b^*_{max}
Черная	60	13.13	16,27±0,15	18,03	0,29	0,70±0,03	1,19	0,17	0,56±0,03	0,96
Темно-коричневая	60	17,13	18,10±0,12	18,97	0,87	1,74±0,07	2,31	0,08	0,58±0,07	1,19
Браун	60	18,99	21,43±0,19	24,69	2,29	2,62±0,02	2,96	3,12	3,59±0,03	3,99
Коричневая (дикого типа)	60	20,55	23,53±0,36	26,89	3,48	3,99±0,08	4,66	2,77	4,56±0,19	6,05
Пастель	60	24,31	28,82±0,54	44,80	3,09	3,74±0,04	4,35	4,58	5,30±0,06	6,75
Топаз	60	54,15	57,32±0,24	58,74	5,13	5,46±0,06	5,97	12,08	13,40±0,21	14,95
Лавандовая	60	36,36	39,77±0,30	43,24	2,45	2,96±0,03	3,33	1,18	1,56±0,04	1,99
Жемчужная	60	70,23	71,88±0,15	74,69	0,26	0,60±0,02	0,95	2,37	2,64±0,02	2,97
Серебристо-голубая	40	49,78	52,18±0,21	56,77	4,86	5,50±0,04	5,98	5,67	6,62±0,04	7,16
Алеутская	60	39,44	42,79±0,2	46,03	1,22	1,37±0,01	1,49	0,47	0,86±0,02	1,22
Голубой ирис	60	54,74	66,09±0,51	71,64	2,15	2,63±0,04	3,28	8,39	9,53±0,03	9,98
Сапфир	60	38,45	41,99±0,27	46,90	0,49	0,66±0,01	0,80	1,50	1,66±0,01	1,89
Виолет	60	48,26	55,51±0,35	59,64	0,46	0,62±0,01	0,85	2,34	3,0±0,05	3,82
Белая	60	80,90	87,87±0,52	91,60	0,03	0,54±0,06	0,84	9,05	9,58±0,07	10,26

Составлено авторами на основе статистических данных в программе Microsoft Office Excel 2010

Таблица 2

Средние, минимальные и максимальные значения степени блеска шкурок норки различных цветовых групп, n = 820

Шкурки норки	**Степень блеска, ед. GU (n = 60)**								
	1			**2**			**3**		
Цветовой тип	**GU_{min}**	**GU_{cp}**	**GU_{max}**	**GU_{min}**	**GU_{cp}**	**GU_{max}**	**GU_{min}**	**GU_{cp}**	**GU_{max}**
Черная	28,60	33,48±0,77	39,80	49,70	54,89±0,97	67,00	59,80	65,61±0,99	77,30
Темно-коричневая	17,80	20,51±0,44	24,87	30,30	34,35±0,48	38,20	40,10	44,66±0,62	49,80
Браун	30,60	35,08±0,72	40,10	50,40	55,04±0,63	60,30	63,10	68,11±0,69	73,10
Коричневая (дикого типа)	25,10	30,26±0,84	36,40	39,80	44,73±0,65	49,70	41,90	54,99±0,88	59,60
Пастель	18,10	21,01±0,52	27,40	30,20	36,71±1,06	44,80	55,20	64,41±0,88	70,30
Топаз	23,60	53,48±1,67	58,90	61,80	70,22±1,16	79,80	82,30	85,94±0,47	89,70
Лавандовая	31,20	36,17±0,66	39,70	48,60	55,60±0,81	61,30	69,30	75,01±0,71	79,80
Жемчужная	51,70	59,65±0,82	65,00	65,40	74,14±1,03	80,10	80,90	85,83±0,55	89,60
Серебристо-голубая	32,30	37,41±0,63	42,10	51,40	55,51±0,65	60,50	-	-	-
Алеутская	24,80	30,18±0,79	38,80	36,60	43,25±1	50,00	51,90	56,09±0,6	60,00

[5] Корнелл П. Анализ данных в Excel: пер. с англ. – М.: Эксмо, 2007. – С. 112–138.

[6] Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. – 3-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с. – Текст: непосредственный.

Шкурки норки	Степень блеска, ед. GU (n = 60)								
	1			2			3		
Цветовой тип	**GU_{min}**	**$GU_{ср}$**	**GU_{max}**	**GU_{min}**	**$GU_{ср}$**	**GU_{max}**	**GU_{min}**	**$GU_{ср}$**	**GU_{max}**
Голубой ирис	11,20	15,91±0,68	20,90	22,10	26,16±0,64	30,00	32,00	36,42±0,62	40,50
Сапфир	40,80	44,94±0,52	48,10	52,10	56,64±0,53	59,80	60,30	67,3±0,74	72,30
Виолет	39,10	44,22±0,78	49,80	51,60	56,32±0,54	59,80	62,70	66,69±0,49	69,30
Белая	70,10	73,10±0,33	75,30	77,20	80,78±0,6	84,90	87,50	90,24±0,43	93,20

Составлено авторами на основе статистических данных в программе Microsoft Office Excel 2010

Проведенное исследование показало, что для каждого цветового типа существует 3 диапазона единиц блеска GU (Gloss Units – международное обозначение)[3] – сильный, средний, слабый.

Полученные результаты были обработаны с помощью иерархического агломеративного кластерного анализа для нахождения схожих по показателям цвета и блеска шкурок[6].

Дендрограмма иерархического агломеративного объединения 820 образцов шкурок по координатам цвета CIE $L^*a^*b^*$ представлена на рисунке 1, а по координатам степеней блеска – на рисунке 2.

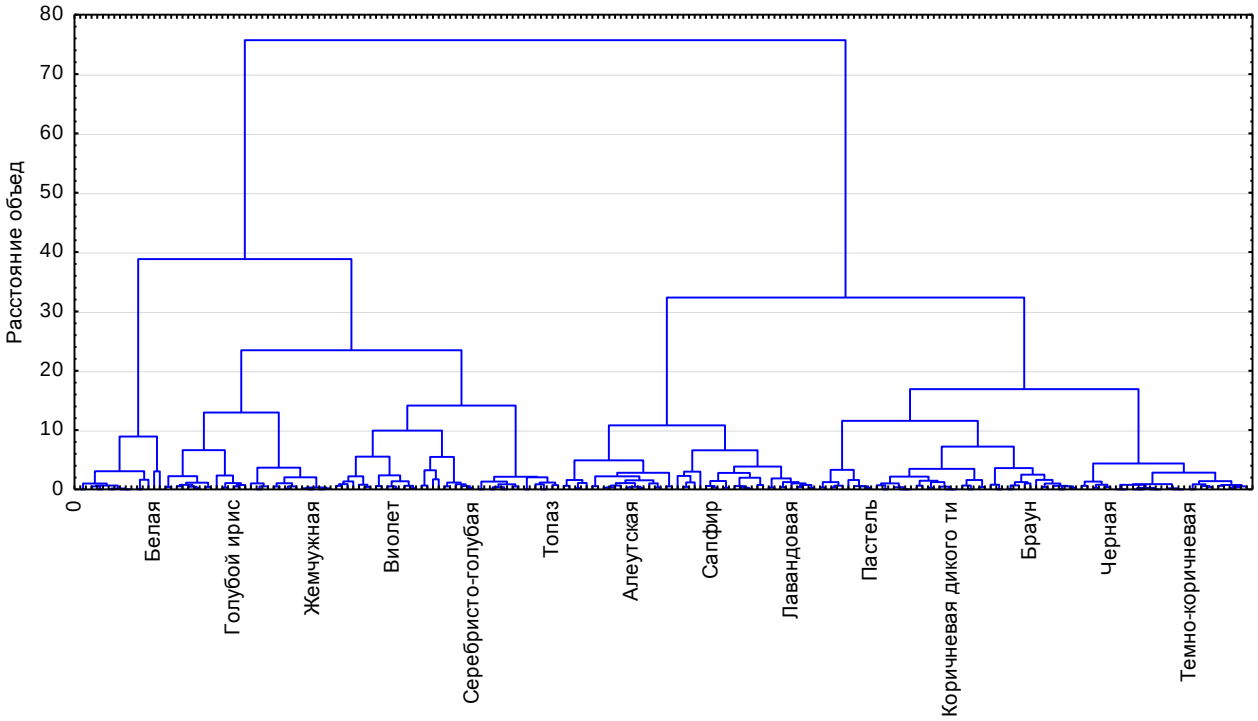

Рисунок 1. *Дендрограмма иерархического агломеративного объединения 820 образцов шкурок по координатам цвета CIE $L^*a^*b^*$: ось абсцисс – цветовой тип; ось ординат – расстояние объединения (составлено авторами на основе статистических данных в программе STATISTICA 10)*

Затем с помощью дискриминантного анализа (ДА) была установлена разделительная способность дискриминантных функций (далее ДФ), позволяющих классифицировать шкурки норки на цветовые типы, показана их статистическая значимость при уровне $p < 0,0000$, и установлены значения Лямбда-Уилкса = 0,00001 и F-статистики (160,3095) = 391,36[7] [10]. Тот

[7] Справочная информация по работе с системой STATISTICA: [Электронный ресурс]. URL: http://statsoft.ru/resources/support/info.php (Дата обращения: 23.02.2021).

факт, что значение статистики Лямбда-Уилкса, находится около нуля, свидетельствует о хорошей дискриминации, а именно, разделении шкурок на 14 цветовых типов (табл. 3)[8].

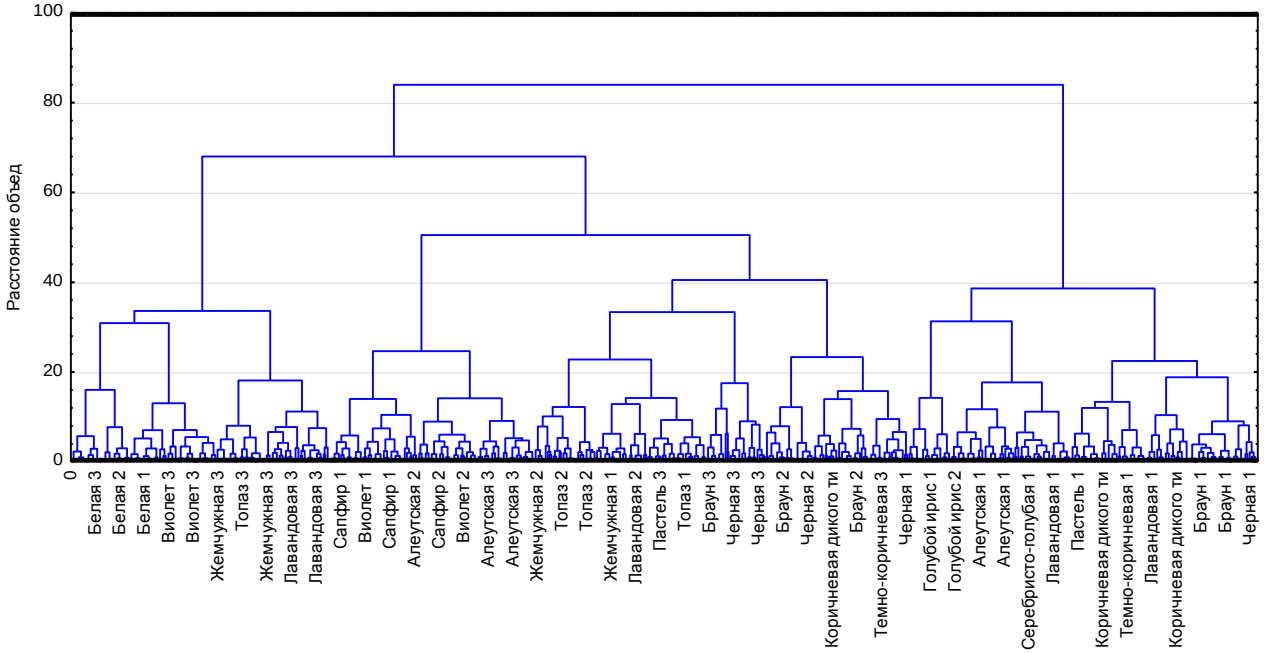

Рисунок 2. *Дендрограмма иерархического агломеративного объединения 820 образцов шкурок по координатам степеней блеска: ось абсцисс – степень блеска цветового типа; ось ординат – расстояние объединения (составлено авторами на основе статистических данных в программе STATISTICA 10)*

Таблица 3

Итоговая таблица дискриминантного анализа данных, n = 820

Классификационные признаки	Итоговая таблица дискриминантного анализа данных Число переменных: 4; Группирующие переменные: Цветовой тип (14 гр.) Лямбда-Уилкса: 0,00001 прибл. F (160,3095) = 391,36 p < 0,0000			
	Лямбда-Уилкса	Частная лямбда	Значение F-критерия	Уровень значимости F-критерия
Блеск GU	0,000137	0,037457	498,526	0,00
L	0,000337	0,015254	1252,422	0,00
a	0,000195	0,026379	716,021	0,00
b	0,000007	0,702883	8,201	0,00

Составлено авторами на основе статистических данных в программе STATISTICA 10

Как следует из таблицы 3, наиболее важную роль в процедуре дискриминации цветоразличия шкурок норки играет координата L^* – светлота (F = 1252,422), менее значимую роль играют декартовая координата a^* (F = 716,021) и степень блеска GU (F = 498,526), замыкает этот ряд декартовая координата b^* (F = 8,201).

Таким образом, все классификационные признаки однозначно указывают на последовательность и значимость анализируемых показателей на качество процедуры разделения шкурок норки на цветовые типы.

Правильность классификационного разделения оценивали путем расчета таких показателей канонического анализа, как стандартизованные коэффициенты дискриминантных

[8] Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ.; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 145–160.

функций, позволяющих определить, какой из используемых классификационных признаков вносит наибольший вклад в различия между цветовыми типами[8] (табл. 4).

Таблица 4

Стандартизованные коэффициенты дискриминантных функций

Переменные	Стандартизованные коэффициенты для канонических переменных			
	ДФ1	ДФ2	ДФ3	ДФ4
Блеск	**0,2795**	0,18812	**-0,94735**	0,00857
L	**0,9119**	-0,31973	0,25669	0,06802
a	**-0,3223**	**-0,92936**	-0,19498	0,09689
b	0,0405	-0,04114	0,03765	**-1,00191**
Собственные значения	113,1436	47,81527	23,64921	0,41623
Кумулятивная доля объясненной дисперсии	0,6115 185,02431	0,86993	0,99775	1,00000

Составлено авторами на основе статистических данных в программе STATISTICA 10

Как следует из таблицы 4, наибольший вклад в цветоразличение по ДФ1 вносит координата цвета L^* – светлота (= 0,9119), по ДФ2 – декартовая координата a^* – красно-зеленый (= -0,92936), по ДФ3 – блеск GU (= -0,94735), по ДФ4 – декартовая координата b^* – желто-синий (= -1,00191).

Приведенные в таблице 4 собственные значения для каждой дискриминантной функции и кумулятивная доля объясненной дисперсии, накопленной каждой функцией, свидетельствуют о том, что ДФ1 ответственна за **61,15 %** объясненной дисперсии, и поэтому она наиболее важна. ДФ2 ответственна за **25,84 %** объясненной дисперсии, ДФ3 – за **12,78 %,** ДФ4 – за **0,22** %. Так как значения функций ДФ3 и ДФ4 по данным критериям существенно ниже, можно считать, что данные функции в меньшей степени влияют на процесс дискриминации.

Таким образом, принимать решение о правильности результатов разделения шкурок норки на цветовые группы, удобнее всего по диаграмме рассеяния в координатах осей ДФ1 и ДФ2. На рисунке 3 представлены объединенные графики распределения всех цветовых типов с их центроидами.

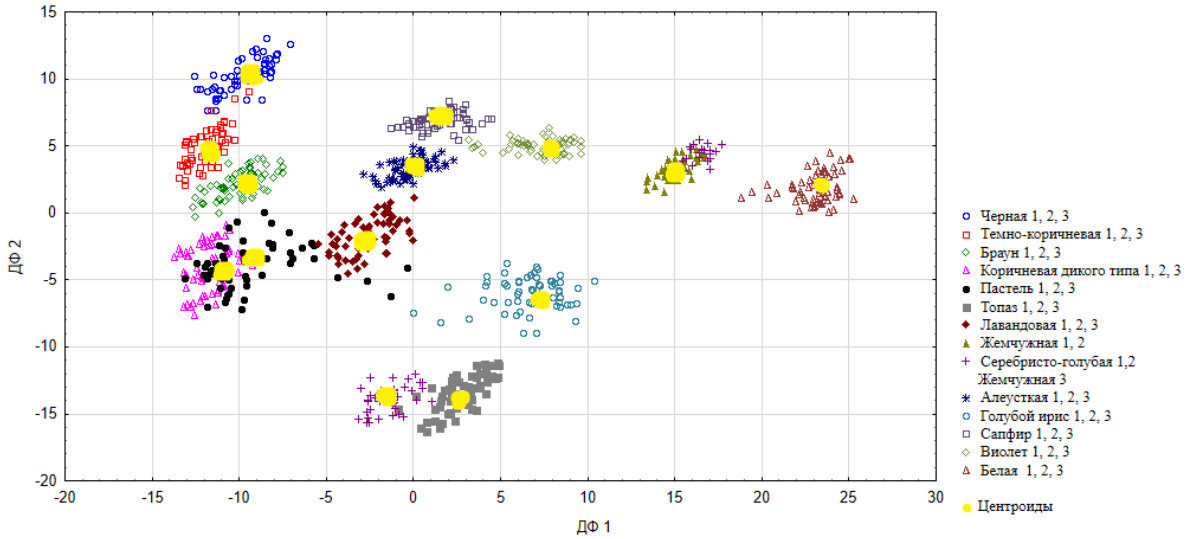

Рисунок 3. *Расположение точек, соответствующих образцам шкурок норки различных цветовых типов и степеней блеска, в координатах осей ДФ1 и ДФ2: ось абсцисс – ДФ1; ось ординат – ДФ2 (составлено авторами на основе статистических данных в программе STATISTICA 10)*

Данная визуализация позволяет выделить не только отдельные цветовые типы, но и цветовые группы – черная, коричневая, бежевая, голубая, белая, к которым эти типы относятся (табл. 1).

Как видно из рисунка 3, области расположения цветовых типов – черная, темно-коричневая, браун, жемчужная, белая, алеутская, голубой ирис, сапфир, виолет четко различимы, а их центроиды хорошо отделимы друг от друга.

Однако, области расположения точек для шкурок норки цветовых типов – коричневая (дикого типа), пастель, лавандовая, частично перекрываются. Аналогичная ситуация имеет место для цветовых типов – топаз и серебристо-голубая. Объяснением этого может служить близость значений дискриминантных функций в центроидах перечисленных выше цветовых типов. Установленный факт указывает на возможность ошибочной классификации шкурок в процессе органолептической сортировки.

В результате пошагового дискриминантного анализа на основе системы классификационных функций была разработана система градации шкурок норки различных цветовых типов с помощью показателей оптических свойств [2].

За основу было взято типовое уравнение:

$$F_n = F_n0+F_n1\cdot GU_n+F_n2\cdot L_n^*+F_n3\cdot a_n^*+F_n4\cdot b_n^*, \quad (1)$$

где F_n – значение функции образцов шкурок n-группы (1..41);

F_n0 – константа функции;

F_n1, F_n2, F_n3, F_n4 – коэффициенты классификационных функций n-группы;

GU_n, L_n^*, a_n^*, b_n^* – координаты окраски и блеска образцов шкурок.

По нашему мнению, сущность идентификации цветовых типов шкурок норки должна заключаться в подтверждении тождественности цветовых характеристик и степеней блеска конкретных образцов меха, определяемых при стандартных условиях наблюдения, заранее отработанных на сформированной в ходе исследований базе данных, содержащей необходимые, перечисленные выше параметры.

Уравнения классификационных функций для каждого цветового типа с учетом степеней блеска (1, 2, 3) представлены в табл. 6.

Таблица 6

Функции классификации шкурок норки различных цветовых типов

Цветовой тип	Функция классификации
Черная **1**	$\mathbf{F_1}$ = -115,9+3,9•GU*+5,53•L*+14,1•a*–4,8•b*
Черная **2**	$\mathbf{F_2}$ = -240,9+7,3•GU*+4,2•L*+16,4•a*–3,8•b*
Черная **3**	$\mathbf{F_3}$ = -322,7+8,8•GU*+3,7•L*+14,7•a*–2,8•b*
Темно-коричневая **1**	$\mathbf{F_4}$ = -115,9+2,1•GU*+6,6•L*+35,8•a*–5,6•b*
Темно-коричневая **2**	$\mathbf{F_5}$ = -170,8+4,3•GU*+5,9•L*+39,6•a*–5,2•b*
Темно-коричневая **3**	$\mathbf{F_6}$ = -210,6+5,7•GU*+5,4•L*+37,3•a*–6•b*
Браун **1**	$\mathbf{F_7}$ = -221,5+4•GU*+6,2•L*+42,3•a*+16,5•b*
Браун **2**	$\mathbf{F_8}$ = -353,1+7,2•GU*+5,5•L*+46,1•a*+15,7•b*
Браун **3**	$\mathbf{F_9}$ = -433,03+9,1•GU*+5,5•L*+42,8•a*+16,3•b*
Коричневая (дикого типа) **1**	$\mathbf{F_{10}}$ = -305,9+3,1•GU*+7,3•L*+64,1•a*+20,7•b*
Коричневая (дикого типа) **2**	$\mathbf{F_{11}}$ = -368,4+5,7•GU*+6,4•L*+64,3•a*+18,9•b*
Коричневая (дикого типа) **3**	$\mathbf{F_{12}}$ = -464,5+7,1•GU*+6,1•L*+70,9•a*+20,2•b*
Пастель **1**	$\mathbf{F_{13}}$ = -311,2+1,7•GU*+8,9•L*+60•a*+23,3•b*
Пастель **2**	$\mathbf{F_{14}}$ = -371,2+4,3•GU*+8,2•L*+61,1•a*+23,8•b*
Пастель **3**	$\mathbf{F_{15}}$ = -531,3+7,8•GU*+7,6•L*+63,8•a*+22,7•b*
Топаз **1**	$\mathbf{F_{16}}$ = -1446,07+5,56•GU*+17,6•L*+73,4•a*+82,2•b*

Цветовой тип	Функция классификации
Топаз **2**	F_{17} = -1504,9+7,3•GU*+17,2•L*+73,8•a*+80,2•b*
Топаз **3**	F_{18} = -1684,4+10,2•GU*+16,2•L*+74,1•a*+81,1•b*
Лавандовая **1**	F_{19} = -477,1+3,5•GU*+15,8•L*+57,1•a*–10,5•b*
Лавандовая **2**	F_{20} = -521,7+6,6•GU*+13,6•L*+52,2•a*–7,1•b*
Лавандовая **3**	F_{21} = -687,7+9,2•GU*+13,03•L*+59,3•a*–8,8•b*
Жемчужная **1**	F_{22} = -1138,1+4,9•GU*+27,8•L*+5,5•a*–3,4•b*
Жемчужная **2**	F_{23} = -1253,6+7,8•GU*+26,7•L*+3,24•a*–3,7•b*
Жемчужная **3**	F_{24} = -1334,0+9,26•GU*+26,2•L*+4,6•a*–3,3•b*
Серебристо-голубая **1**	F_{25} = -863,9+2,9•GU*+19,2•L*+86,3•a*+22,3•b*
Серебристо-голубая **2**	F_{26} = -987,1+5,9•GU*+18,03•L*+92,7•a*+24,4•b*
Алеутская **1**	F_{27} = -432,2+2,6•GU*+17,2•L*+24,3•a*–11,2•b*
Алеутская **2**	F_{28} = -456,2+4,5•GU*+16,1•L*+24,9•a*–10,1•b*
Алеутская **3**	F_{29} = -538,7+6,2•GU*+16,04•L*+26,4•a*–11,8•b*
Голубой ирис **1**	F_{30} = -1089,8–0,31•GU*+24,7•L*+24,8•a*+50,8•b*
Голубой ирис **2**	F_{31} = -1099,6+0,5•GU*+24,6•L*+19,2•a*+51,9•b*
Голубой ирис **3**	F_{32} = -1100,9+2,1•GU*+23,8•L*+25,01•a*+50,4•b*
Сапфир **1**	F_{33} = -412,6+4,5•GU*+15,2•L*+9,4•a*–2,4•b*
Сапфир **2**	F_{34} = -511,1+6,3•GU*+15,4•L*+9,5•a*–2,2•b*
Сапфир **3**	F_{35} = -604,7+7,8•GU*+15,4•L*+10,2•a*–3,2•b*
Виолет **1**	F_{36} = -671,5+4,2•GU*+20,6•L*+1,8•a*+5,1•b*
Виолет **2**	F_{37} = -733,9+5,5•GU*+20,6•L*+4,7•a*+3,3•b*
Виолет **3**	F_{38} = -846,8+7,0•GU*+21,0•L*+4,4•a*+3,04•b*
Белая **1**	F_{39} = -1797,04+6,4•GU*+30,9•L*–19,5•a*+49,5•b*
Белая **2**	F_{40} = -1969,7+7,7•GU*+32,03•L*–17,5•a*+47,4•b*
Белая **3**	F_{41} = -2040,5+8,9•GU*+31,5•L*–19,1•a*+47,8•b*

Составлено авторами на основе статистических данных в программе STATISTICA 10

Данные функции следует рассматривать в качестве статистической модели при определении принадлежности новых образцов шкурок норки к одному из цветовых типов.

Таким образом, идентификацию новых образцов и их отнесение к определенному цветовому типу можно осуществлять на основе имеющейся базы данных по координатам цвета шкурок и степени их блеска, используя предлагаемые классификационные функции. При этом образец можно относить к определенному цветовому типу, если он имеет максимальное значение функции F_n, характеризующей данный тип.

Принадлежность образцов шкурок к одному из цветовых типов, с учетом их колористических характеристик и степеней блеска (табл. 1, 2), проверяли, используя систему классификационных функций и находя максимальное из значений, характеризующих функцию F_n.

Результаты проверки вероятности принадлежности образцов шкурок, имеющих незначительные отличия по координатам цветовых типов (оптическим характеристикам), а именно: коричневая (дикого типа), пастель, лавандовая, а также топаз и серебристо-голубая, представлены в табл. 7.

Так, для образца №244 по координатам цвета L*a*b* и степени блеска GU вначале были рассчитаны значения 5-ти классификационных функций. При их сравнении было установлено, что $\mathbf{F_{13} > F_{11} > F_{26} > F_{21} > F_{16}}$. Это дало основание считать, что из 5-ти значений классификационных функций для образца №244 максимальное значение принадлежит функции $\mathbf{F_{13}}$**(232,99)**. Установленный факт позволяет отнести образец №244 к цветовому типу Пастель **1**. Аналогично была осуществлена идентификация образцов №202, 307, 512, 409.

Таблица 7

Значения классификационных функций образцов шкурок норки различных цветовых типов с учетом колористических характеристик и степеней блеска

№функции **классификации**	Значение классификационной функции				
	№образца				
	244 (**F_{13}**)	202 (**F_{11}**)	307 (**F_{16}**)	512 (**F_{26}**)	409 (**F_{21}**)
F_{11} Коричневая (дикого типа) **2**	192,19	**297,42**	841,17	760,73	587,62
F_{13} Пастель **1**	**232,99**	295,31	850,92	731,82	447,32
F_{21} Лавандовая **3**	-34,72	93,77	707,80	770,79	**745,77**
F_{16} Топаз **1**	-298,12	196,00	**1 173,84**	728,80	140,01
F_{26} Серебристо-голубая **2**	-26,64	96,82	1 075,06	**952,59**	592,32
Цветовой тип	Пастель **1**	Коричневая (дикого типа) **2**	Топаз **1**	Серебристо-голубая **2**	Лавандовая **3**

Результаты проведенной идентификации свидетельствуют об успешно проведенной проверке системы классификационных функций и о возможности использования ее как альтернативы классической экспертной оценке.

Заключение

Обобщая результаты проведенных исследований, можно констатировать, что применение системного подхода позволяет создать методологию инструментальной экспертной идентификации меховых изделий на основе показателей их физических свойств и статистических моделей, связывающих комплекс использованных показателей с типологией окрасок волосяного покрова шкурок.

Так, например, количественная оценка основных оптических свойств, играющих важную роль в определении товарной ценности шкурок норки, в сочетании с предложенным алгоритмом многомерной классификации, дает возможность идентифицировать объекты по принципу максимального сходства по нескольким переменным одновременно и, тем самым, позволяет однозначно решить задачу идентификации цветовых типов.

Подобный методологический подход повышает эффективность интерпретации результатов классификации, в нашем случае точность классификации методом дискриминантного анализа составила 796 образцов (97,07 %), и может быть использован как альтернатива классической экспертной оценке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сравнительная оценка оптических свойств полуфабриката норки цветовых типов лаванда и сапфир Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. В сборнике: Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития. Материалы национальной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 113–118. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44705138 (дата обращения: 11.02.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

2. Использование многомерного статистического анализа данных для создания информационной системы инструментальной сортировки шкурок норки различных цветовых групп и типов Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Гордеева Ю.Л. Костюмология. 2020. Т. 5. №4. С. 13. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44778191 (дата обращения: 11.02.2021). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

3. Оптические свойства полуфабриката норки как показатель качества Ю.С. Гребенева, А.И. Сапожникова, Т.В. Реусова [и др.]. – Текст: электронный // Материалы и технологии. – 2019. – №2 (4). – С. 47–51. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42751552 (дата обращения: 14.09.2020). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

4. Инструментальные методы оценки оптических свойств пушно-мехового сырья и полуфабриката Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И. В книге: Актуальные вопросы биологии, биотехнологии, ветеринарии, зоотехнии, товароведения и переработки сырья животного и растительного происхождения. Материалы национальной научно-практической конференции. 2019. С. 97–99. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42598083 (дата обращения: 11.11.2020). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

5. Разработка инструментальных методов определения оптических свойств полуфабриката норки Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. В сборнике: ЦЕРЕВИТИНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2020. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 141–144. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44574863 (дата обращения: 17.10.2020). – Режим доступа: Научная электронная библиотека.

6. Новиков М.В., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Шкала оценки степени блеска волосяного покрова разных видов пушно-меховых шкурок // Дизайн и технологии. – 2018, №67 (109). – С. 35–43.

7. Рассадина Светлана Павловна. Разработка методов оценки и исследование геометрических и оптических свойств волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.19.01: – Кострома, 2002.

8. Стрепетова, О.А. Пути повышения эстетических свойств меховых изделий / О.А. Стрепетова, М.В. Горбачева. – Текст: непосредственный // Новые технологии и материалы легкой промышленности: XVI Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и молодых ученых: сборник статей / Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2020. – С. 323–326.

9. Балакирев Н.А., Новиков М.В., Белгородский В.С., Андреева Е.Г., Гусева М.А. Основные тренды клеточного пушного звероводства // В сб. науч. трудов Междунар. науч.-техн. симпозиума «Современные проблемы ключевых отраслей промышленности». – М: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2019. – С. 16–19.

10. Оценка кредитоспособности предприятий на основе дискриминантного анализа Халафян А.А., Пелипенко Е.Ю. // Актуальные вопросы экономических наук. 2010. №14. С. 292–297. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21185913 (дата обращения: 05.12.2020). – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

Sapozhnikova Alla Ionovna
Federal Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology – MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia
E-mail: fibrilla@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5040-6998
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=429612
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6603416182

Grebeneva Yulia Sergeevna
Federal Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology – MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia
E-mail: julia-21@bk.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8441-9842
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=1023050

Reusova Tatiana Viktorovna
Federal Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology – MVA by K.I. Skryabin, Moscow, Russia
E-mail: 5018458@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2495-8788
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=420548

Digital identification of color types of mink skins, taking into account the indicators of their optical properties

Abstract. Methodological solutions for the digital identification of color types of mink skins are substantiated, taking into account the indicators of their optical properties.

A system of instrumental assessment of the quality of mink skins of various color types in terms of color and gloss is proposed. An algorithm for multidimensional classification has been developed, which makes it possible to relate the complex of the indicators used with the typology of hair color of mink skins, which makes it possible to identify objects according to the principle of maximum similarity in several variables at the same time and, thereby, allows to unambiguously solve the problem of identifying color types. The classification accuracy by the discriminant analysis method was 97.07 %.

The methodological approach used can be considered as an addition or alternative to the classical expert assessment, since it excludes subjectivity and significantly increases the efficiency of interpretation of the examination results and the efficiency of decision-making at the stage of sorting or when selecting skins for a product.

Keywords: fur raw materials; color type; color parameters; gloss degree; methodological approach; digital identification; cluster and discriminant analysis; optical properties

REFERENCES

1. Comparative evaluation of the optical properties of semi-finished mink color types lavender and sapphire Grebeneva Yu.S., Sapozhnikova A.I., Reusova T.V. In the collection: Commodity Science, Technology and Expertise: Innovative Solutions and Development Prospects. Materials of the national scientific and practical conference. Moscow, 2020, pp. 113–118, https://www.elibrary.ru/item.asp?Id=44705138 (date accessed: 11.02.2021). – Access mode: Scientific electronic library eLIBRARY.RU.

2. Use of multivariate statistical data analysis to create an information system for instrumental sorting of mink skins of various color groups and types Yu.S. Grebeneva, A.I. Sapozhnikova, Yu.L. Gordeeva. Costumology. 2020. T. 5. No. 4. P. 13. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44778191 (date accessed: 11.02.2021). – Access mode: Scientific electronic library eLIBRARY.RU.

3. Optical properties of semi-finished mink as an indicator of quality Yu.S. Grebenev, A.I. Sapozhnikova, T.V. Reusova [and others]. – Text: electronic // Materials and technologies. – 2019. – No. 2 (4). – S. 47–51. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?Id=42751552 (date of access: 09.14.2020). – Access mode: Scientific electronic library eLIBRARY.RU.

4. Instrumental methods for assessing the optical properties of fur raw materials and semi-finished products Grebeneva Yu.S., Sapozhnikova A.I. In the book: Topical issues of biology, biotechnology, veterinary medicine, animal science, commodity science and processing of raw materials of animal and plant origin. Materials of the national scientific and practical conference. 2019. S. 97–99. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42598083 (date accessed: 11.11.2020 – Access mode: Scientific electronic library eLIBRARY.RU.

5. Development of instrumental methods for determining the optical properties of a semi-finished mink product Grebeneva Yu.S., Sapozhnikova A.I., Reusova T.V. In the collection: CEREVITIN'S READINGS – 2020. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2020, pp. 141–144, https://www.elibrary.ru/item.asp?Id=44574863 (date accessed: 17.10.2020 – Access mode: Scientific electronic library

6. Novikov M.V., Guseva M.A., Andreeva E.G. Scale for assessing the degree of shine of the hair of different types of fur skins // Design and Technologies. – 2018, No. 67 (109). – S. 35–43.

7. Rassadina Svetlana Pavlovna. Development of assessment methods and research of geometric and optical properties of the hair coat of fur semi-finished products: abstract of thesis ... Candidate of Technical Sciences: 05.19.01: – Kostroma, 2002.

8. Strepetova, O.A. Ways to improve the aesthetic properties of fur products / O.A. Strepetova, M.V. Gorbachev. – Text: direct // New technologies and materials of light industry: XVI International scientific-practical conference with elements of a scientific school for students and young scientists: collection of articles / Ministry of Education and Science of Russia, Kazan. nat. issled. technol. un-t. – Kazan: Publishing house of KNRTU, 2020. – S. 323–326.

9. Balakirev N.A., Novikov M.V., Belgorodsky V.S., Andreeva E.G., Guseva M.A. The main trends in cellular fur farming // In collection of articles. scientific. Proceedings of Mezhdunar. scientific and technical symposium "Modern problems of key industries". – M: RSU im. A.N. Kosygin, 2019. – P. 16–19.

10. Assessment of the creditworthiness of enterprises on the basis of discriminant analysis Khalafyan A.A., Pelipenko E.Yu. // Actual problems of economic sciences. 2010. No. 14. S. 292–297. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21185913 (date of access: 05.12.2020 – Access mode: Scientific electronic library eLIBRARY.RU.