

Enn VESKE, Ülo VAHER, Uno KANARIK, Irja ARRO

## HÖBEREBASTE KARUSNAHKADE FOTOELEKTROKOLORIMEETRILISED OMADUSED JA NENDE KASUTAMINE NAHKADE KLASSIFITSEERIMISEL VÄRVUSE JÄRGI

Höberebaste nahkade värvuse õigel klassifitseerimisel on kaubatoodangus suur tähtsus, sest majandite kahjum II ja III kategooria värvusega nahkade esinemise tõttu on keskmiselt 15% ehk ligikaudu sama palju kui kahjum muudel põhjustel (defektsed, madala hõbesusega ja praknahad) kokku.

ETKVL Audru Karusloomakasvanduse ja Karjaküla Karusloomakasvatussohoosi poolt 1972. aastal realiseeritud kontrollpartiides (1455 höberebasenahka) ei ühtinud majandite poolt antud värvuse hinne 15% juhtudest hindega, mis anti riiklikul vastuvõtul. Selline hinnete lahkumine on tingitud nahkade värvuse määramise riikliku standardi subjektivisest tõlgendamisest ning karusnahkade hindajate erinevast värvitajust. Nende lahkarvamuste vältimiseks tuleb välja töötada nahkade kavkatte värvuse objektiivsed hindamismeetodid.

Meie ülesandeks oli uurida höberebaste nahkade värvuse fotoelektrocolorimeetrilisi omadusi ning võimalusi nende kasutamiseks nahkade klassifitseerimisel värvuse järgi. Kavkatte värvuse fotoelektrilised hindamismeetodid oleksid kahtlemata tõhusaks abivahendiks ka karusloomade tõuaretuses nende värvuse järgi.

### Uurimismaterjal ja -metoodika

Uurimiseks kasutati 30 Karjaküla Karusloomakasvatussohoosis 1972. aastal nahastatud ja esmaselt töödeldud höberebasenahka, millede hõbejus oli 100%. Nahad jaotati vastavalt nende värvuskategooriale, mille asjatundja oli määranud traditsiooniliselt GOST 2790-71 järgi, kolme rühma — I, II või III — à 10 tükki. Colorimeetriliselt mõõdeti iga nahka 1) küljepiirkonnas (naha pealmisel poolel) kerepiikkuse poolitusjoonel 3—4 cm kaugusel naha servast ja 2) kõhupiirkonnas (naha alumine pool) kohas, mis vastab esimese mõõtmiskoha projektsioonile vastaspool. Mõõdeti eraldi nii alus- kui ka kattekarva. Selleks kammiti kav mõõtmiskohas ühesuunaliselt maha ja suruti naha ligi 0,5 mm paksuse orgaanilisest klaasist plaadikesega.

Mõõtmiseks kasutati kolorimeetrit FM-58, mille alus oli ümber ehitatud nii, et fotomeetri alla oli võimalik paigutada tervet nahka. Kavkatte peegelduskoeffiitsiendid määritati fotoelektrilisel meetodil (mõõtmiskoha  $\varnothing=3,5$  cm), kasutades sinist nr. 7,  $\lambda_{\max}=407$  nm, rohelist nr. 8,  $\lambda_{\max}=510$  nm ja oranži nr. 9,  $\lambda_{\max}=530$  nm filtreit. Valguskiir langes nahale 45° nurga all, kuid risti karvadele. Mõõdeti valgust, mis karusnahha suhtes hajus perpendikulaarselt. Iga filtriga sooritati viis mõõtmist, kusjuures ei arvestatud neid näite, mis esialgsest keskmisest erinesid üle ühe standardihälbe. Uus keskmise arvutati ülejäänud näitudest. Valgedus (V) arvutati kolme erineva filtri abil

Tabel 1

Rühm	Valgedus (V)			Sinise tooni intensiivsus (S)			Oranži tooni intensiivsus (O)		
	Külgepiirkond		Kattekav	Külgepiirkond		Kattekav	Külgepiirkond		Kattekav
	Aluskav	Kattekav	(2)	Aluskav	Kattekav	(3)	Aluskav	Kattekav	(4)
I	222±1,2	27,3±1,2	19,0±1,2	15,1±1,2	91,3±5,7	87,2±5,7	85,4±5,7	67,2±5,7	111,3±7,6
II	20,1±1,2	30,0±1,2	16,3±1,2	10,8±1,2	84,2±5,7	84,7±5,7	65,4±5,7	68,6±5,7	114,9±7,6
III	18,8±1,2	27,0±1,2	14,9±1,2	10,5±1,2	100,6±5,7	95,8±5,7	71,1±5,7	70,6±5,7	104,8±7,6
Keskmine	20,4+0,7	28,1±0,7	16,7±0,5	12,1±0,7	92,0±3,3	89,2±3,3	74,0±3,3	69,1±3,3	108,0±4,4
sed	{	24,2±0,5	14,4±0,5	10,6±2,4	10,6±2,4	71,6±2,4	81,1±1,7	71,6±2,4	110,4±3,1
		19,3±0,4							127,7±3,1
									119,1±2,2

\* Tunnuse (t) nr.

Tabel 2

Varieeruvuse alikas	V	Ruutude summa			Keskmine ruut			F				
		V	S	O	Q:S	V	S	O	Q/S	V	S	O
Rühm (R)	2	202,76	177,10	1186,92	1,90	101,38	886,06	593,46	0,95	6,89**	2,63	1,03
Piirkond (P)	1	2890,03	10923,30	8925,15	19,85	2890,03	10923,30	8925,15	19,85	19,64***	32,45***	15,52***
Aluskav/paeliskav (K)												
R×P	1	76,96	438,16	1332,66	3,46	76,96	438,16	1332,66	3,46	5,23	1,30	2,32
R×K	2	68,08	1149,77	2468,26	1,68	34,04	574,89	1234,13	0,84	2,31	1,71	2,15
P×K	"	13,21	799,41	1069,61	1,04	6,60	399,70	534,80	0,52	<1	1,19	<1
R×P×K	1	1141,45	29,70	104,35	1,45	1141,45	29,70	104,35	1,45	77,58***	<1	1,42
Jääk	2	44,73	466,12	637,80	0,71	22,36	233,06	318,90	0,36	1,52	<1	<1
Uldine	108	1588,95	36335,28	62119,05	110,21	14,71	336,44	576,18	1,02	-	-	-
	110	6026,17	51913,84	77843,80	140,30	-	-	-	-	-	-	-

\* P&lt;0,05 \*\* P&lt;0,01 \*\*\* P&lt;0,001

saadud andmete alusel leitud peegeldumiskoeffitsientide aritmmeetilise keskmisena. Sinise ( $S$ ) ja oranži ( $O$ ) värvuse intensiivsus on nende värvuste peegeldumiskoeffitsiendi suhe valgedusse protsentides.

Kokku saadi seega iga karusnaha kohta 12 kolorimeetritelist tunnust. Lisaks nendele kasutati ka kombineeritud tunnust  $O/S$ , mis leiti arvutuse teel.

### Uurimistulemused ja nende analüüs

Karusnahkade kolorimeetritised omadused (tab. 1). Et välja selgitada kolorimeetriliste omaduste võimalikke rühmadevahelisi erinevusi ja sõltuvust muudest registreeritud faktoritest, teostati  $V$ ,  $S$ ,  $O$  ja suhte  $O/S$  kohta andmete kolmefaktoriiline dispersioonanalüüs (Weber, 1961). See võimaldas välja selgitada nende tunnuste sõltuvuse värvusrühmast ( $R$ ), mõõtmispiirkonnast ( $P$ ) ja alus-või pealiskarvast ( $K$ ), s. o. kolmest põhifaktorist, ning leida nende faktorite nelja võimaliku koosmõju suuruse ja usaldatavuse. Dispersioonanalüüs näitas (tab. 2), et rühmad erinevad üksteisest vaid valgeduse osas ja et ainult I rühma nahad on oluliselt heledamad kui III rühma omad ( $V$  vastavalt  $21,0 \pm 0,6$  ja  $17,8 \pm 0,6$ ). II rühma nahkade valgedus ei erine oluliselt ei I ega ka III rühma nahkade valgedusest. Selgus ka, et valgedus sõltub faktorite  $P$  ja  $K$  koosmõjast: kattekarvaga võrreldes on aluskarv heledam kõhupiirkonnas, kuid tumedam küljepiirkonnas. Küljepiirkond on samal ajal keskmiselt heledam kui kõhupiirkond. Kolorimeetriliste tunnuste  $S$ ,  $O$  ja  $O/S$  erinevus oli statistiliselt usaldatav vaid külje- ja kõhupiirkonna vahel. Nimelt erineb kõhupiirkond küljepiirkonnast suurema  $O$  ja väiksema  $S$  poolt. Sellest tingituna on ka nende suhe  $O/S$  kõhupiirkonnas suurem kui küljepiirkonnas (vastavalt  $2,09 \pm 0,13$  ja  $1,28 \pm 0,13$ ). Samuti näitas dispersioonanalüüs, et kolorimeetriliste tunnuste rühmadesisene individuaalne varieeruvus on suur (variatsioonikoeffitsient  $V$ ,  $S$  ja  $O$  puhul on 20,  $O/S$  puhul isegi 60%), samal ajal kui rühmade keskmised erinevused omavahel vaid 5–10% piirides. Sellest tulenevalt esineb kõigi kolorimeetriliste tunnuste osas suur rühmadevaheline kattumine, mistõttu klassifitseerimiseks ei ole võimalik ühtki tunnust eraldi kasutada.

Karusnahkade klassifitseerimine kolorimeetriliste tunnuste järgi. Et klassifitseerimisel saavutada paremat eristatavust, tuleb leida parameeter või kriteerium, mis arvestaks korraga mitut või kõiki kolorimeetrilisi tunnuseid. Valisime sellisteks kriteeriumideks klassifitseerimiskoeffitsiendid, mis on analoogilised matemaatilise diagnoosimise puhul kasutatavate nn. diagnostiliste koeffitsientidega. Lähudes Bayesi valemist, mis võimaldab määrata objektide äratundmisse töenäosuslikkust (Гублер, 1970), defineerime mõigi tunnuse  $i$  ( $i=1,2, \dots, 12$ ) gradatsioonile  $j$  ( $j=1,2, \dots, 5$ ) vastava klassifitseerimiskoeffitsiendi  $K_{ij}$  järgmiselt:

$$K_{ij}^{(A/B)} = 10 \lg \frac{n_{ij}^{(A)} \sum_j n_{ij}^{(B)}}{n_{ij}^{(B)} \sum_j n_{ij}^{(A)}} \quad (1)$$

kus  $n_{ij}^{(A)}$  on A klassi kuuluvate objektide arv, millede tunnuse  $i$  gradatsioon on  $j$ , ja  $n_{ij}^{(B)}$  on analoogiline objektide arv klassist B. Kui  $K_{ij}^{(A/B)}$  on positiivne arv, siis on töenäolisem, et objekt, mille tunnuse  $i$  gradatsioon on  $j$ , kuulub klassi A, mitte aga klassi B. Negatiivse  $K_{ij}^{(A/B)}$  puhul aga on töenäolisem, et antud objekt kuulub klassi B. Klassifitseerimiskoeffitsiente algebraliselt liites on võimalik arvestada samaaegselt kõiki tunnuseid.

Kuna üht kindlat tüüpi klassifitseerimiskoeffitsiendid võimaldavad objekte jaotada ainult kahte alajaotusse, meil aga tuleb objektid (nahad) jaotada kolme rühma, siis vajame vähemalt kahte erinevat tüüpi klassifitseerimiskoeffitsiente. Esimest tüüpi koeffitsiente kasutame selleks, et eraldada kolmest rühmast mingi konkreetne rühm, teist tüüpi koeffitsientide abil aga klassifitseerime omavahel ka kaks ülejäänuud rühma. Põhimõtteliselt on meie ülesande lahendamiseks võimalik kasutada ükskõik millist koeffitsientide paari järgmisest kolmest: 1)  $K^{(II/I+III)}$  ja  $K^{(II/III)}$ , 2)  $K^{(II/I+III)}$  ja  $K^{(I/III)}$ , 3)  $K^{(III/I+II)}$  ja  $K^{(I/II)}$ . Valisime neist teise paari, s. o.  $K^{(II/I+III)}$  ja  $K^{(I/III)}$ , sest ülejäänuud koeffitsientide paare on sobiv kasutada siis, kui rühmade keskmised tunnused suurenevad või vähenevad reastuses  $I > II > III$  või  $I < II < III$ . Nagu nähtub tabelist 1, reastuvad selliselt vaid tunnused 1, 3, 4, 8 ja 9. Ülejäänuud seitsme tunnuse puhul aga on äärmiseks (maksimaalseks või minimaalseks) II rühm, mis soodustab selle rühma eraldamist ülejäänutest.

Klassifitseerimine koosneb kahest etapist: 1) klassifitseerimiskoeffitsientide arvutamine (esitatakse tavaliselt tabeli kujul) ja 2) nahkade klassifitseerimine, mis seisneb antud naha kolorimeetristele tunnustele vastavate klassifitseerimiskoeffitsientide leidmises tabelist ja nende algebralises summeerimises. Saadud summa märgi alusel loetakse nahk kuuluvaks ühte või teise klassifikatsioonirühma. Algul leitakse  $K^{(II/I+III)}$  tüüpi koeffitsientide summa. Kui see on positiivne, siis kuulub antud nahk lõplikult II rühma, kui aga negatiivne, siis pole selge, kas nahk kuulub I või II rühma. Viimasel juhul arvutatakse ka sellele nahale vastavate  $K^{(I/III)}$  tüüpi klassifitseerimiskoeffitsientide summa. Kui see osutub positiivseks, kuulub nahk I, kui negatiivseks, siis III rühma. Loomulikult tuleb selline protseduur teostada iga klassifitseeritava naha kohta.

Klassifitseerimiskoeffitsientide arvutamiseks tuleb kõikide tunnuste väärtsused väljendada gradatsioonides. Käesolevas kasutasime viit gradatsiooni, millede piirid leidsime sel teel, et jagasime antud tunnuse limiidite vahe (max.—min.) viide võrdsesse ossa. Tabelis 3 on näitena esitatud kahe tunnuse gradatsioonide piirid. Seejärel leiti  $n_{ij}^{(I)}$ , s. o. nende I rühma nahkade arv, mille tunnuse  $i$  gradatsioon oli  $j$ , ja analoogilised arvud  $n_{ij}^{(II)}$  ja  $n_{ij}^{(III)}$  ka vastavalt II ja III rühma nahkade jaoks. Kuna igasse rühma kuulus vaid 10 nahka, seega suhteliselt vähe, siis võivad arvude  $n_{ij}$  puhul esineda küllaltki suured juhuslikud varieeruvused. Mõnedes gradatsioonides võivad nahad hoopis puududa ( $n_{ij}=0$ ), mis teeb valemi (1) rakendamise võimatuks (Гублер, Генкин, 1973). Selle vältimiseks kasutati  $n_{ij}$  asemel valemite (2) abil leitud vastavaid «silutud» arve  $\bar{n}_{ij}$ :

$$\begin{aligned}\bar{n}_{i1} &= (4n_{i1} + 2n_{i2} + n_{i3}) : 10 \\ \bar{n}_{i2} &= (2n_{i1} + 4n_{i2} + 2n_{i3} + n_{i4}) : 10 \\ \bar{n}_{i3} &= (n_{i1} + 2n_{i2} + 4n_{i3} + 2n_{i4} + n_{i5}) : 10 \\ \bar{n}_{i4} &= (n_{i2} + 2n_{i3} + 4n_{i4} + 2n_{i5}) : 10 \\ \bar{n}_{i5} &= (n_{i3} + 2n_{i4} + 4n_{i5}) : 10\end{aligned}\quad (2)$$

Seejärel arvutati klassifitseerimiskoeffitsiendid valemite (3) järgi:

$$\begin{aligned}K_{ij}^{(II/I+III)} &= 10 \lg \frac{2\bar{n}_{ij}^{(II)}}{\bar{n}_{ij}^{(I+III)}} \\ K_{ij}^{(I/III)} &= 10 \lg \frac{\bar{n}_{ij}^{(I)}}{\bar{n}_{ij}^{(III)}}\end{aligned}\quad (3)$$

Tabel 3

Klassifitseerimiskoefitsientide ja neile vastavate informatiivsustute arvutamise näited tunnuste 3 ja 6 puuli

Tunnus (i)	Gradatsjoon		Piirid	$I_{ii} = \sum_j I_{ij}$						
	Nr. (i)	Nr. (i)		$I_{ii+1}/I_{ii}$	$I_{ii+1}/I_{ii+1+II}$					
3 (Röhjepiirkonna alustkarva valgedus)	1 2 3 4 5	<14,4 14,4—17,9 18,0—21,5 21,6—25,1 >25,1	2 3 5 2 1	9 2 5 2,4 1,8	2,1 2,3 3,0 4,0 1,1	4,5 3,9 2,4 2,6 0,8	-3 -2 +1 +2 -1	0 0,11 0,03 0,01 0,13	0,22 0,09 0,28 0,22 0,27	
6 (Rülegepiirkonna alustkarva suinete looni mõtmest sivustus)	1 2 3 4 5	<69,2 69,2—83,1 83,2—97,1 97,2—111,1 >111,1	0 4 4 1 1	2 1 4 2 3	2 5 2,7 3 2	1,2 2,5 2,3 2,0 1,9	1,4 1,4 1,9 2,0 1,9	+1 +1 0 0 0	0 0,03 0 0 0	0 0,19 0,10 0,09 0,14

Tabel 4

Volumen und Intensität der Informationsflüsse zwischen den sozialen Schichten

Tabel 5

## Karusnahkade klassifitseerimiskoeiitsientide summad ja klassifitseerimise tulemused

Karus- naha number rühmas	Karusnahkade rühmad							
	I		II		III			
	$K_i^{(II/I+III)}$	$K_i^{(I/III)}$	Koefitsientide alusel mää- ratud rühm	$K_i^{(III/I+III)}$	$K_i^{(I/III)}$	Koefitsientide alusel mää- ratud rühm	$K_i^{(II/I+III)}$	$K_i^{(I/I+III)}$
1	-3	+17	I	+6	II	+4	-9	II
2	-9	+2	I	+14	II	+2	+1	II
3	+5		II	+9	II	-11	-13	III
4	-6	+13	I	+5	II	-9	-9	III
5	-5	+8	I	+11	II	+5	-23	II
6	-3	+17	I	+9	II	-10	+8	I
7	-14	+19	I	+5	II	-3	-8	III
8	-6	+15	I	+1	II	-10	-13	III
9	-7	+17	I	-5	III	+7	+2	II
10	-5	+21	I	+11	II	+4	-23	II

Tunnuse  $i$  väärthuslikkuse mõõduks klassifitseerimise seisukohalt on tema informatiivsus  $I_i$ , mis leiti valemite (4) järgi:

$$I_i^{(II/I+III)} = \frac{1}{20} \sum_j K_{ij}^{(II/I+III)} \left( 1 - \frac{2}{1 + 10^{0,1 K_{ij}}} \right) \left( \bar{n}_{ij}^{(II)} + 0,5 \bar{n}_{ij}^{(I+III)} \right) \quad (4)$$

$$I_i^{(I/III)} = \frac{1}{20} \sum_j K_{ij}^{(I/III)} \left( 1 - \frac{2}{1 + 10^{0,1 K_{ij}(I/III)}} \right) \left( \bar{n}_{ij}^{(I)} + \bar{n}_{ij}^{(III)} \right)$$

Selgus, et kasutatud tunnuste informatiivsus on väga erinev (tab. 4). Kõhupiirkonna kolorimeetrilised tunnused on informatiivsemad kui küljepiirkonna, aluskarva tunnused aga informatiivsemad kui pealiskarva omad. Valgedus on informatiivsem kui sinise tooni intensiivsus, viimane omakorda informatiivsem kui oranži tooni intensiivsus. Samuti ilmnes, et peaegu kõik tunnused on informatiivsemad klassifitseerimise korral I ja III kui II ja (I+III) rühma. Praktikas on soovitatav loobuda väheinformatiivsete tunnuste kasutamisest.

Kolorimeetriliste tunnuste alusel leitud klassifitseerimiskoeiitsientide tabelimeetodil saadud tulemusi kõrvutatasime nendesamade 30 traditsiooniliselt hinnatud karusnaha kohta antud hinnetega (tab. 5). Tabelist ilmneb, et kokkulangevus traditsiooniliselt ja kolorimeetri abil hinnatud I ja II rühma nahkade korral oli 90, III rühma nahkade puhul ainult 40 %. Kuna aga I ja II rühma kuuluvad nahad moodustavad suure enamiku, oli kokkulangevus keskmiselt 80—90 %. Tuleb tähendada, et erinevusi kolorimeetriilise ja traditsioonilise subjektiivse klassifitseerimismeetodi abil saadud hinnangutes ei tohi interpreteerida kui fotomeetritlike meetodi viga. Pigem on selle põhjuseks traditsioonilise meetodi subjektiivsus. Meie poolt esitatud meetodi eelis seisnebki just tema objektiivsus ja võimaluses mehaniseerida ning automatiserida karusnahkade klassifitseerimist. Veelgi paikapidavamate hinnangute saamiseks tuleks fotometreerida suuremat osa nahast. See aga muudab klassifitseerimise töömahukaks, millest ülesaamiseks tuleks luua eriaparatuur.

## KIRJANDUS

Weber E., 1961. Grundriss der biologischen Statistik. Jena.

Гублер Е. В., 1970. Вычислительные методы распознавания патологических процессов. Л.

Гублер Е. В., Генкин А. А., 1973. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Eksperimentaalbioloogia Instituut

Toimetusse saabunud  
4. XII 1973

Энн ВЕСКЕ, Юло ВАХЕР, Уно КАНАРИК, Ирья АРРО

**ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШКУРОК  
СЕРЕБРИСТО-ЧЕРНЫХ ЛИСИЦ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В ОБЪЕКТИВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПО ОКРАСУ**

*Резюме*

С помощью переделанного фотометра ФМ-58 фотоэлектрическим методом измеряли белизну и относительную интенсивность синего и желтого оттенков у 30 шкурок (по 10 из каждой цветовой группы, определенной по ГОСТ 2790-71) в боковой и брюшной областях (диаметр измеряемой области 3,5 см) подпушки и кроющего волоса. Методом дисперсионного анализа установлено, что: 1) шкурки I цветовой группы отличаются от III большей белизной, 2) по сравнению с кроющим волосом подпушь темнее в боковой, а светлее в брюшной области и 3) брюшная область отличается от боковой меньшей белизной и меньшей относительной интенсивностью синего тона, а большей относительной интенсивностью оранжевого тона. Коэффициент индивидуальной внутригрупповой вариации колориметрических признаков примерно 20%.

На основании измеренных на каждой шкурке 12 колориметрических признаков вычисляли «классификационные коэффициенты» по модифицированной формуле Байеса для вероятностного распознавания объектов и составляли таблицы для двухэтапной классификации (II/I+III и I/III) шкурок по окрасу. Информативность отдельных колориметрических признаков, вычисленная по формуле Кульбака, сильно различается (от 0,01 до 1) и больше в брюшной области и у подпушки. Проверка эффективности разработанной классификационной системы на этих же шкурках показала, что процент правильных результатов находится около 80—90.

Институт экспериментальной биологии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
4/XII 1973

Enn VESKE, Ülo VAHER, Uno KANARIK, Irja ARRO

**AN INVESTIGATION OF SILVER FOX FUR COLORIMETRIC INDICES  
AND THEIR USE FOR THE CLASSIFICATION OF THE FURS INTO  
COLOUR GROUPS**

*Summary*

12 colorimetric indices of 30 silver fox furs (three samples of 10 furs from each standard colour group determined by GOST 2791-71) were measured by photometer FM-58, and statistically significant differences were determined by variance analysis methods. A method for silver fox fur colour classification is proposed and described. The method is based on the computation by modified Bayes' formula of classification coefficients for the 12 colorimetric indices. A check-up of the method on the basis of the fur samples used demonstrated that the efficiency of the method is about 80—90 per cent.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Experimental Biology

Received  
Dec. 4, 1973