Выводы. На основе одного из методов компьютерного зрения, который считает пиксели изображения локальных областей в пространстве каналов красного, зеленого и синего цветов (R, G, B), разработан алгоритм и программа для автоматического определения степени поражения листьев растений грибными болезнями. Программа может быть использована для определения дефицита питательных веществ. Алгоритм и программное обеспечение представлены в виде базового блока, который может быть дополнен и улучшен в ходе экспериментальных работ и решения связанных задач для определения других важных свойств растений. Результаты исследования реализованы в виде программного приложения, которое может быть автономно установлено на смартфон исследователя.

Использованные источники:

1. Yuan Y. et al. Advanced agricultural disease image recognition technologies: A review // Information Processing in Agriculture. Available online 30 January 2021 In Press, Corrected Proof <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2021.01.003>
2. Suzuki N., Rivero R. M., Shulaev V., Blumwald E., Mittler R. Abiotic and biotic stress combinations // New Phytol. 2014. Vol. 203(1). pp. 32-43.
3. Ray M., Ray A., Dash S., Mishra A., Achary K. G., Nayak S., Singh S. Fungal disease detection in plants: Traditional assays, novel diagnostic techniques and biosensors // Biosensors and Bioelectronics. 2017. Vol. 87. pp. 708-723.
4. Kogan M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments // Annu Rev. Entomol. 1998. Vol. 43. pp. 243-270.
5. Klümper W., Qaim M. 2014 A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops // PLoS One. Vol. 9(11): 111269
6. Farber C., Mahnke M., Sanchez L., Kurouski D. Advanced spectroscopic techniques for plant disease diagnostics // A Review. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2019. Vol. 118. pp. 43-49.
7. Alejnikov A. F., Cheshkova A. F., Mineev V. V. Choice of impedance parameter of strawberry tissue for detection of fungal diseases // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548(3): 032005. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032005
8. Dhawale C.A., Misra S., Thakur S., Jambhekar N.D. Analysis of nutritional deficiency in citrus species tree leaf using image processing // Conference: 2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) pp. 2248–2252.
9. Aleynikov A.F., Toropov. V.I. Automated diseases detection of plant diseases in space greenhouses // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. (MIP-3 2021). 2021. Vol. 1155: 12070. DOI 10.1088/1757-899X/1155/1/012070

УДК 637.56.07

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-155-158

*Бастанов Р.И., Дерхо А.О.,
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, Челябинская обл., г. Троицк*

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ПРИ ОЦЕНКЕ УПИТАННОСТИ РЫБЫ

Дана оценка взаимосвязи упитанности плотвы с уровнем металлов в мясе при помощи метода главных компонент. Установлено, что у рыб 2+ она сопряжена с концентрацией марганца, железа, меди и цинка, а в возрасте 3+ и 4+ – никеля свинца и кадмия. Поэтому упитанность рыб по Т. Фультону с возрастом снижается с 2.23 до 1.94.

Ключевые слова: мясо рыбы, упитанность, металлы, возраст, метод главных компонент.

Одним из наиболее часто используемых методов многомерного статистического анализа является анализ главных компонент. Он позволяет сократить количество коррелирующих переменных в статистической матрице и минимизировать потери от получаемой информации [4].

В последние годы метод главных компонент используется не только в биоинформатике, психологии, социологии и т. д., но и в сельском хозяйстве при различных мониторинговых исследованиях. При этом процедура выполнения анализа главных компонент предусматри-

вает стандартизацию данных, определение и сортировку собственных векторов и значений в корреляционной матрице в порядке убывания, формирование из наиболее значимых собственных векторов проекционной матрицы с последующей ее трансформацией в размерное субпространство [4, 8]. Это позволяет преобразовать первичные статистические данные, полученные при выполнении экспериментальной части работы, в совокупность компонентов с определенной размерностью. При этом наиболее значимые компоненты (главные компоненты) представляют собой ортогональные линейные комбинации с максимальной общей дисперсией.

В связи с этим целью нашей работы явилась оценка взаимосвязи упитанности плотвы из Аргазинского водохранилища Челябинской области с уровнем металлов и металлоидов в мышечной ткани при помощи метода главных компонент.

Материалы и методы. Объектом исследования являлась плотва контрольных уловов, произведенных в условиях биотопов Аргазинского водохранилища Челябинской области в период 2017-2020 гг. [1, 2]. Рыбу уловов после упаковки в полиэтиленовые пакеты в термоконтейнерах (0 – -4 °С) доставляли в лабораторию Южно-Уральского ГАУ. На начальном этапе ее сортировали по возрасту на основе анализа годовых колец на чешуе [9]. Для проведения исследований было отобрано 250 образцов.

Мясистость рыбы определяли по коэффициенту упитанности, используя формулу Т. Фультона [6]:

$$K_y(\phi) = \frac{W \cdot 100}{L^3}$$

где: W – масса рыбы (г), L – длина тела (см).

В мясе рыбы определяли количество тяжелых металлов и металлоидов (марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, свинец, кадмий) атомно-абсорбционным методом в соответствии с ГОСТ 30178-96 [3] и методическими указаниями [7]. Результат измерений выражали в мг/кг сырой ткани.

Для выявления общих закономерностей, отражающих взаимосвязь упитанности плотвы с содержанием тяжелых металлов, использовали метод главных компонент [12]. В качестве меры сходства использовали коэффициенты корреляции Спирмена, число главных компонент определяли по осыпи Кэттелла [13]. Связи считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$. Расчеты выполнены в пакете PAST [14].

Результаты исследований. Результаты расчета упитанности плотвы по соотношению массы рыбы и длины тела показали, что ее величина по мере удлинения срока обитания рыбы в условиях исследуемой водной экосистемы уменьшалась. Наибольшей мясистой отличались неполовозрелые особи (2+). С возрастом темпы роста рыб снижались (таблица 1). При этом изменялась пропорциональность между скоростью увеличения длины тела и приростом массы тела, что свидетельствовало о появлении у исследуемого вида рыб тугорослости.

Основываясь на том, что величина упитанности отражает совокупное воздействие абиотических и биотических факторов на организм рыб [5], можно констатировать, что условия среды обитания не соответствовали физиологическим потребностям их организма.

Таблица 1

Упитанность плотвы по Фультону

Возраст	Длина, см	Масса, г	Упитанность
2+	11,16±0,51	31,00±0,92	2,23±0,16
3+	13,66±0,32	51,05±1,05	2,00±0,18
4+	16,00±0,35	79,67±1,35	1,94±0,11

Одной из основных причин является постоянное поступление токсических соединений в Аргазинское водохранилище со сточными водами с Карабашского медеплавильного комбината, среди которых преобладают тяжелые металлы [1, 2]. Поэтому мы определили концентрацию данных токсикантов в мясе плотвы (таблица 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в мясе плотвы, мг/кг сырого вещества

Возраст	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
2+	1,20± 0,08	20,61± 0,41	0,13± 0,002	0,10± 0,02	1,31± 0,16	15,93± 0,52	0,07± 0,01	0,41± 0,03
3+	0,71± 0,08	19,03± 0,62	0,10± 0,002	0,09± 0,02	1,61± 0,09	12,69± 0,43	0,14± 0,02	0,38± 0,03
4+	0,54± 0,03	18,19± 0,61	0,09± 0,005	0,07± 0,003	1,82± 0,12	12,43± 0,35	0,18± 0,03	0,36± 0,02

Содержание тяжелых металлов было определено в мясе рыб в возрасте 2+, 3+ и 4+. При сравнении их уровня с нормативной документацией [10, 11] не было выявлено превышения допустимого уровня. При этом в мясе плотвы с возрастом отмечалась тенденция увеличения концентрации меди и кадмия, уменьшения – марганца, кобальта, никеля и цинка. Уровень железа и свинца практически не зависел от возраста плотвы.

Таблица 3

Связь металлов с упитанностью в зависимости от возраста рыб
в разрезе главной компоненты 1

Показатели	2+		3+		4+	
	Нагрузка	<i>P</i>	Нагрузка	<i>P</i>	Нагрузка	<i>P</i>
Mn	-0,79	<0,05	-0,21	0,65	0,44	0,31
Fe	-0,71	<0,05	-0,25	0,64	-0,12	0,65
Co	-0,45	0,30	0,41	0,33	0,31	0,45
Ni	-0,49	0,29	0,76	<0,05	0,17	0,63
Cu	0,82	<0,05	0,12	0,76	-0,04	0,79
Zn	0,74	<0,05	0,42	0,44	-0,19	0,63
Cd	-0,39	0,44	-0,68	<0,05	0,73	<0,05
Pb	0,28	0,53	0,74	<0,05	-0,78	<0,05
Объясняемая дисперсия, %	71,11		91,02		79,89	
<i>P</i>	<0,05		<0,05		<0,05	

Исходя из того, что упитанность плотвы с возрастом уменьшалась, мы предположили, что содержание тяжелых металлов в их организме влияло на скорость роста и развития рыб. При этом мышечная ткань не является приоритетным органом депонирования металлов, а многие из них способны проявлять негативные свойства даже в количествах, не превышающих нормативные требования. Для проверки данного предположения мы попытались определить металлы, наиболее значимо влияющие на упитанность плотвы, используя для этих целей метод главных компонент.

На первом этапе мы попытались выделить главные компоненты связи металл – упитанность при помощи графического критерия «каменистой осыпи» Кэттелла [13]. Хотя в каждом возрасте было установлено наличие 2-3 факторов, но только главная компонента 1 характеризовалась статистической значимостью, определяя 71-91 % дисперсии. Поэтому в дальнейшем он был учтен нами в качестве приоритетного (таблица 3).

Мы выявили, что в организме плотвы 2+ упитанность была сопряжена с металлами (марганец, железо, медь, цинк), обладающими биологической активностью. Они самостоятельно или в составе молекул биологически активных соединений регулировали процессы роста и развития рыб. У плотвы 3+ и 4+ на упитанность значимо влияли токсичные металлы никель, свинец и кадмий. Хотя их концентрация и не превосходила допустимый уровень [10, 11], но даже и в таком количестве они оказывали воздействие на ростовые процессы.

Таким образом, метод главных компонент при оценке упитанности рыбы позволил выявить, что его величина в организме плотвы 2+ сопряжена с концентрацией в миоцитах био-

логически активных металлов (марганец, железо, медь, цинк), а в возрасте 3+ и 4+ – токсичных (никель, свинец, кадмий). Поэтому упитанность с возрастом рыб снижается с 2,23 до 1,94 по Т. Фультону.

Использованные источники:

1. Бастанов Р.И., Дерхо М.А., Корляков К.А., Нохрин Д.Ю. Специфика развития и химический состав тела рыб в условиях геохимических особенностей биотопов Аргазинского водохранилища // Астраханский вестник экологического образования. 2018. – № 3 (45). – С. 163-168.
2. Бастанов Р.И., Дерхо М.А. Морфологическая характеристика и особенности биологии плотвы различных биотопов Аргазинского водохранилища (Челябинская область) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2018. – Т. 4 (70). – № 1. – С. 5-14.
3. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021152> (дата обращения 16.09.2021).
4. Егошин В.Л., Саввина Н.В., Грижбовский А.М. Анализ главных компонент и факторный анализ в программной среде R // West Kazakhstan Medical Journal. 2020. – № 62(1). – С. 6-14.
5. Живетина А.В., Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г. Сезонные особенности химического состава и качества воды в водохранилище руслового типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. – Т. 7 (73). – № 1. – С. 259-276.
6. Козлов В.И., Абрамович Л.С. Краткий словарь рыбовода. – Москва: Россельхозиздат, 1982. – 160 с.
7. МУ 01-19/47-11 Атомно-абсорбционные методы определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье [Электронный ресурс]. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293784/4293784579.htm> (дата обращения: 01.09.2021).
8. Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г., Живетина А.В. Структура изменчивости гидрохимического состава воды в водохранилище озерного типа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 117-133.
9. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – Москва: Пищ. пром., 1966. – 376 с.
10. Рыбальский Н.Г., Савицкий А.И., Малярова М.А., Горбатовский В.В. Экология и безопасность: справочник. – Т. 1. Безопасность человека. – Москва: ВНИИПИ, 1992. – 320 с.
11. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс]. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 16.08.2021).
12. Joliffe I. T. Principal component analysis. N.Y, Springer-Verlag, 2002. – 488 p. doi:10.1007/b98835.
13. Jackson D. A. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristic and statistical approaches // Ecology. 1993. – Vol. 74. – No. 8. – P. 2204–2214.
14. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. – Vol. 4. – No. 1. – P. 9.

УДК 631.3: 633.85

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-158-165

Буклагин Д.С.,

Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК,

Московская обл., р.п. Правдинский

ПРИБОРЫ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

В статье рассматриваются приборы, основанные на методе инфракрасной спектроскопии, позволяющие проводить измерения большого количества показателей качества семян с точностью, сопоставимой с классическими методами химического анализа. При этом анализ занимает 1-3 минуты и не требует применения химических реактивов и расходных материалов.

Ключевые слова: масличные культуры, семена, качество, показатели, измерение, влажность, белок, масличность, точность.

Одной из причин зависимости отечественного производства масличных культур от импортных семян объясняется устаревшей материально-технической и приборно-