

Висновки. Таким чином, одним з напрямів вирішення зазначених питань є запровадження у практику природоохоронної діяльності екологічного страхування як інструменту зниження виникнення ризиків при функціонуванні водогосподарсько-меліоративних об'єктів та під час господарської діяльності на меліорованих землях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Віленчук О.М. Формування системи страхування екологічних ризиків: [монографія] / О.М. Віленчук. – Житомир: Вид-во ДВНЗ «Державний аграрний університет», 2007. – 260 с.
2. Деева Н.Е. Організаційно-економічний механізм управління екологічними ризиками: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. ек. наук: спец. 08.08.01 «Економіка природокористування і охорони навколишнього середовища» / Н.Е. Деева. – Дніпропетровськ, 2004. – 20 с.
3. Комплексна програма розвитку водного господарства Херсонської області на період до 2020 року / Херсонська обласна державна адміністрація, Херсонське обласне управління водних ресурсів. – Херсон: 2012.
4. Про страхування: Закон України в ред. від 04.10.2001. – Бюлетень законодавства і юридичної практики. – 2001.- № 44. – Із змін. від 18.03.2004.
5. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство / В.О. Ушкаренко // К.: Урожай, 1994. – 328 с.

УДК 597.21.5: 57.08

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВСТАНОВЛЕННІ ВІДМІННОСТЕЙ ЗА МОРФОМЕТРИЧНИМИ ОЗНАКАМИ МІЖ КОЛЬОРОВИМИ ФОРМАМИ КОРОПА КОІ (*CYPRINUS CARPIO* КОІ)

Лисак О.О. – аспірант,

Гаріна С.М. – к.т.н., доцент,

Шевченко П.Г. – к.б.н., доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. У світові аквакультури короп кої найцінніша риба серед корошових та інших декоративних риб: найдорожчий екземпляр був проданий в Японії за рекордну суму – 13 мільйонів японських ієн (екв. 154 тис. доларів США). Цим коропом виявилася 3-річна самка форми Sanke розміром 65 см, яка була вирощена на фермі Sakaya Fich Farms в Хіросімі [5].

Коропи кої бувають самих різних кольорів, основними з яких є: білий, чорний, червоний, жовтий, синій і кремовий (світло-жовтий). Завдяки роботі селекціонерів сьогодні відомо понад 200 кольорових форм кої, проте для класифікації використовують лише 16 базових [6]. Кожний різновид (форма) кої, суттєво відрізняються між собою як на фенотиповому рівні, зокрема забарвленням, так і на морфологічному. Зміни на морфологічному рівні, в

основному, пов'язані з дією як абіотичних так і біотичних факторів. Порівнюючи матеріали з морфології риб, які утримувались в різних умовах досліджуваних водойм, можна зробити висновок, що кожній іхтіологічній групі певної кольорової форми властивий характерний рівень зміни морфологічних показників, дослідження яких і було основним завданням нашої роботи [4].

Ще одним завдання наших експериментів було вивчення впливу факторних ознак (умов утримання, тощо) на морфологічні показники коропа кої, які представлені, як правило, множиною результативних ознак (показників). При змінюванні рівнів варіювання факторних ознак характер змінювання значень результативних ознак відрізняється, як за величиною, так і за напрямом. Відслідковування ступеня змінювання множини результативних ознак і вибір оптимального варіанту є достатньо складним і неоднозначним аналітичним завданням, правильне рішення якого залежить, в основному, від досвіду дослідника. Апробація методів, направлених на формалізацію зазначених процесів, шляхом спрощення процедур оцінювання і підвищення ймовірності отримання адекватного висновку в іхтіологічних дослідженнях експериментально здійснюється вперше і є актуальною.

Застосування зазначеного методу в наших дослідженнях дозволить не тільки оцінити ступінь відмінності між формами коропа кої, а й надасть можливість обрати найбільш схожу і відмінну форми коропа кої.

Стан вивчення проблеми. Розробкою та дослідженням методів, направлених на формалізацію зазначених процесів, направлених на спрощення процедур оцінювання і підвищення ймовірності отримання адекватного висновку широко висвітлені в працях С.М. Гаріної, Р.О.Тарасенка, А.Е. Лепского, А.Г. Броневица, а дослідження морфо-біологічних особливостей коропа кої висвітлювались в роботах О.О. Лисака, П.Г. Шевченка, В.В. Цедик.

Методика досліджень. Збір матеріалу проводився протягом весняного, літнього і осіннього сезонів 2012-2014 р.р. Уся кількість іхтіологічного матеріалу зібрана в декоративних водоймах Немішаєвського державного агротехнічного коледжу (листопад 2012-2013 р.р.), Білоцерківської експериментальної гідробіологічної станції Інституту гідробіології НАН України дендропарку «Александрія» (травень 2013 р.) і Новокаховського рибоводного заводу частикових риб (жовтень 2012 р.).

Матеріалом для дослідження слугували цьоголітки коропа кої. Були вивчені екологічні умови дослідних декоративних водойм, а саме температурний і кисневий режими, гідрохімічні показники та стан розвитку природної кормової бази.

З метою визначення відмінності внутрішньовидової і міжпопуляційної мінливості морфо-біологічних ознак коропа кої в дослідних водоймах проводився аналіз японського коропа кої і трьох його відгалужень [3].

Форми японського походження коропа кої було поділено на чотири групи за екстер'єрними показниками (зокрема забарвленням – форма): група №I (еталон) – сіро-білі (*Hikarimuji*), група №II – чорно-білі (*Kumonryu*), група №III – чорно-жовті (*Utsurimono*), група №IV – червоно-білі (*Kohaku*) (декоративна водойма Немішаєвського державного агротехнічного коледжу).

Форми турецького відгалуження коропа кої також склались з цьоголіток (100 екземплярів), але були поділені на чотири групи не лише за екстер'єрними показниками (зокрема забарвленням) а й за місцем відбору (ландшафтною екологічною зоною): група №VI – чорно-червона (*Doitsu Bekko*) і група №VIII – червона (*Doitsu Kawarimono*) з водойми дендропарку «Александрія» (Лісостепова зона) та аналогічні форми, група №XI – чорно-червона (*Doitsu Bekko*) і група №XII – червона (*Doitsu Kawarimono*) отримані з декоративної водойми Немішаєвського державного агротехнічного коледжу (зона Полісся).

Російське відгалуження коропа кої, яке аналогічне турецькому за кількістю екземплярів, груп, місць відбору і утримання (екологічною зоною), не є *Doitsu* тобто голим: група №V – червона (*Kawarimono*) і №VII – чорно-червона (*Bekko*) з водойми дендропарку «Александрія» та група №IX – чорно-червона (*Bekko*) і №X – червона (*Kawarimono*) отримані з декоративної водойми Немішаєвського державного агротехнічного коледжу.

Ізраїльське відгалуження складається з однієї групи №XIII – червона (*Kawarimono*) 25 екземплярів цьоголіток коропа кої, ця форма коропа кої отримана і вирощена в декоративній водоймі Новокаховського рибоводного заводу частикових риб (зона Степу).

Морфометричний аналіз було проведено у відповідності із загальноприйнятою методикою досліджень коропових видів риб І.Ф. Правдіна [3], за 30 пластичними ознаками: довжина всієї риби (L); довжина без хвостового плавця (стандартна) (l); довжина тулуба (l_{cor}); довжина рила (lr); діаметр ока (do); позаочна відстань (po); висота лоба (ho); ширина лоба (io); довжина верхньої щелепи (mx); довжина нижньої щелепи (mn); довжина голови (lc); висота голови біля потилиці (hc); висота голови через середину ока (hc_1); найбільша висота тіла (H); найменша висота тіла (h); антедорсальна відстань (aD); постдорсальна відстань (pD); довжина хвостового стебла (pl); антепектральна відстань (aP); антевентральна відстань (aV); антеанальна відстань (aA); довжина основи спинного плавця (ID); найбільша висота спинного плавця (hD); довжина основи анального плавця (IA); найбільша висота анального плавця (hA); довжина грудного плавця (IP); довжина червонного плавця (IV); пектровентральна відстань (PV); вентроанальна відстань (VA); довжина верхньої лопаті хвостового плавця (IC_1); довжина нижньої лопаті хвостового плавця (IC_2).

Для реалізації алгоритму класифікації відмінностей морфологічних ознак коропа кої за функцією відстані виконують такі дії [1, 2]:

- 1) формують вектор-прецедент, який складається із набору показників контрольного або оптимального варіанту;
- 2) формують вектори-образи, елементами яких є набори аналогічних показників для кожного варіанту досліджу;
- 3) знаходять відстань між вектором-образом і векторами-прецедентами;
- 4) за величиною скалярної відстані проводять ранжування експериментальних варіантів.
- 5) визначають експериментальні варіанти, які мають мінімальну відстань (найбільше наближення до вектора-образа (контрольного варіанту)) і максимальну відстань (найбільше віддалення за показниками від вектора-образа) згідно мети досліджень.

Таблиця 1 - Матриця для пошуку скалярних відстаней груп різних форм коропа кої (*Cyprinus carpio koi*)

Ознака	Група												
	I (ета- лон)	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
L	81.7	82.1	81.56	81.54	79.07	80.56	80.11	79.84	80.44	80.58	80.94	81.75	82.18
lcor	54.4	53.7	53.83	54.05	54.83	54.91	55.12	54.72	54.99	55.44	56.27	54.021	55.5
Lr	26.9	27.45	27.29	26.87	25.93	26.21	25.79	25.95	27.69	27.56	27.04	27.15	27.16
do	27.9	26.88	27.47	27.69	25.87	23.74	26	25.38	27.82	28.91	26.62	27.5	25.87
po	9.98	9.72	10.07	10.22	9.75	9.66	9.36	9.509	10.37	10.8	9.89	10	10.18
ho	41.0	41.38	41.5	41.13	41.96	43	41.58	41.28	44.15	43.01	43.5	41.27	42.6
Io	39.7	39.77	38.27	39.4	40.24	38.75	39.87	39.82	39.68	39.64	40.52	39.31	41.42
mx	11.3	13.62	12.63	14.53	11.87	13.1	12.22	11.09	13.29	13.15	13.89	13.02	14.61
mn	26.8	27.12	27.23	26.2	25.99	26.04	25.8	25.88	25.57	25.47	25.17	26.86	27.03
lc	43.7	43.19	43.12	43.14	41.55	41.98	42.28	42.18	42.94	42.85	43.18	43.29	43.56
hc ₁	60.6	60.18	60.28	60.31	60.08	61.1	61.97	60.53	62.21	61.98	61.44	60.36	60.98
hc ₂	17.4	17.76	17.66	18.05	16.32	16.62	16.53	16.89	17.36	17.65	17.36	17.74	16.8
h	18.0	17.74	18.42	18.56	18.54	18.36	19.41	18.46	19.75	19.82	19	18.2	18.11
H	35.7	38.08	34.51	34.61	36.52	38.84	37.38	36.97	38.42	38.74	37.11	35.75	38.59
Ad	25.7	28.19	25.93	24.73	24.89	24.57	24.38	24.26	22.55	23.33	22.68	26.15	20.71
pD	42.1	45.38	42.27	43.27	43.91	43.58	43.57	43.97	43.45	44.44	44.41	43.28	44.01
Pl	6.85	8.98	8.34	9.05	5.34	5.12	5.405	5.427	4.651	4.83	4.48	8.31	6.42
aP	34.4	33.72	34.45	36.16	34.85	34.18	33.78	34.79	35.37	36.84	36.44	34.69	0
aV	24.1	27	25.52	26.62	25.86	26.01	26	25.41	24.54	25.43	23.56	25.83	27.43
aA	20.5	22.7	21.81	23.17	22.63	22.53	22.81	21.38	21.11	22.1	19.77	22.05	22.89
ID	72.3	78.35	74.69	75.12	72.41	73.92	74.25	73.73	72.05	67.51	76.07	75.12	69.2
hD	62.5	66.51	63.25	61.88	60.67	60.58	60.56	60.91	59.67	59.55	62.21	63.56	59.05
lA	24.4	25.37	25.11	24.62	27.48	26.14	26.41	27.15	25.14	26.11	25.04	24.9	25.25
hA	16.1	16.32	16.31	15.96	13.49	12.78	12.78	13.78	13.2	13.73	13.15	16.19	14.98
IP	6.35	6.82	6.57	7.17	6.71	6.42	6.26	6.87	5.58	5.53	5.64	6.74	7.29
IV	13.7	14.2	13.68	13.37	13.26	12.31	12.82	13.51	12.55	13.04	12.71	13.74	15.25
PV	14.1	15.05	15	15.26	14.45	13.83	14.07	14.1	14.58	14.41	14.16	14.88	14.81
VA	13.2	13.58	13.19	13.45	12.87	12.29	12.46	12.56	13.68	13.51	13.78	13.37	14.4
IC ₁	18.8	19.64	19.23	20.09	19.22	19.43	18.4	18.95	19.24	20.29	18.8	19.46	19.6
IC ₂	20.7	20.7	20.25	20.89	20.01	20.09	19.14	19.52	19.74	20.99	19.67	20.49	21.2

Тобто, якщо задані два багатовимірних вектори B і X , то відстань P_j між ними в скалярній формі було визначено за формулою [1]:

$$P_j := \sqrt{(B^{(j)} - X)^T \cdot (B^{(j)} - X)}$$

Зазначена формула використовувалась нами для знаходження відстані між векторами ознак у дослідних форм коропа кої. Алгоритм оцінки близькості експериментальних варіантів до контрольного було реалізовано в середовищі математичного процесора MathCAD.

Результати досліджень. Для наукової спільноти велику вагомість являє встановлення величини різниці в морфологічних ознаках кольорових форм підвиду коропа кої (*Cyprinus carpio koi*) і вихідної форми *Magoi*, які відрізняються різним походженням в порівняльному аспекті за трьома географічно віддаленими між собою водоймами з різними умовами існування. Для цього групи форм з декоративних водойм Немішаєвського державного агротехнічного коледжу, дендропарку «Александрія» і Новокаховського рибоводного заводу, були відібрані, згруповані і проаналізовані за 30 морфологічними ознаками [3].

Для встановлення величини скалярної відстані наборів середніх показників ознак виконували такі необхідні операції:

- 1) В якості вектора-прецедента була обрана група № I (форма *Magoi*), яка вважається вихідною у коропа кої. Всі інші форми порівнювались з нею (набір показників ознак вихідної форми вважався контрольною групою).
- 2) В якості векторів-образів були прийняті набори показників ознак груп №II-XIII, близькість яких до показників ознак вектора-прецедента були визначені (набір показників ознак для кожної форми).
- 3) Надалі було сформовано матрицю для пошуку відстаней між векторами-образами (групи № II-XIII) і вектором-прецедентом (група № I), за відповідної кількості ознак (табл. 1).
- 4) Експериментальний варіант вектор-образ якого мав мінімальну відстань до вектора-прецедента віднесли до того класу, до якого належав вектор-прецедент (група №I).

Відповідно маємо один вектор-прецедент (набір показників варіанту еталонної групи №I – форма *Magoi*) і 12 векторів-образів (набори показників варіантів експериментальних досліджень коропа кої групи №II-XIII).

В результаті було визначено експериментальний варіант груп (форм) коропа кої, вектор показників яких мав мінімальну відстань до вектора показників варіанту групи №I, що дало змогу оцінити відхилення показників коропа кої від початкової величини (табл. 2).

Таблиця 2 - Скалярна відстань показників ознак у груп коропа кої (*Cyprinus carpio koi*)

Відстань	Назва і розташування декоративних водойм												
	Немішаєвський державний агротехнічний коледж						Дендропарк «Александрія»			Новокаховський рибоводний завод			
	Групи												
	I	II	III	IV	IX	X	XI	XII	V	VI	VII	VIII	XIII
P ₁	0	10,2	4,6	7,1	8,3	9,9	8,7	4,8	7,5	8,9	7,8	6,7	35,9

Згідно результатів дослідження всі групи (форми) можна розділити на три підгрупи за значеннями скалярних відстаней:

1. Близькі до вихідної форми (вектор-прецедент) – група № III (*Utsurimono* – чорно) і №XII (*Doitsu Kawarimono* – рамчаті червоні) з показниками відстані 4,6-4,8 відповідно.

2. Помірно віддалені (ввійшли всі інші групи) – група №VIII (*Doitsu Kawarimono* – червона), № IV (*Kohaku* – червоно-білі), група №V (*Kawarimono* – червона), група №VII (*Bekko* – чорно-червона), група №IX (*Bekko* – чорно-червона), група №XI (*Doitsu Bekko* – чорно-червона), група №VI (*Doitsu Bekko* – чорно-червона), з показниками 6,7; 7,1; 7,5; 7,8; 8,3; 8,7; 8,9 відповідно.

3. Сильно віддалені – група № X (*Kawarimono* – червоні), № II (*Kumonryu* – чорно-білі) і № XIII (*Kawarimono* – червоні) з показниками 9,9; 10,15; 35,9 відповідно.

Отже відмінність за морфологічними показниками між формами коропа кої безсумнівно існує, проте ступінь відмінності в великій мірі визначається також екологічними умовами існування.

Висновки. За одержаними результатами, максимальну відстань від одержаної вихідної форми коропа кої *Magoi* (група №I) має останній варіант (група № XIII) форма *Kawarimono* (червоні). Він є найвіддаленішим варіантом, тобто за морфологічними ознаками найбільше відрізняється від еталону. Це характеризується як відмінністю власне форм так і суттєвою різницею в природних умовах існування.

Мінімальну відстань має група № III (форма *Utsurimono*) і група № XII (*Doitsu Kawarimono*) – вони є найкращими варіантами з усіх досліджених у груп коропа кої. За морфологічними показниками ознак вони найменше відрізняються від вихідної форми. Незважаючи на різне походження ці форми зберегли фенотипові особливості коропа кої.

Метод класифікації за мінімумом чи максимумом відстані є досить ефективним і дозволяє одержати адекватну оцінку в іхтіологічних дослідженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лепский А.Е. Математические методы распознавания образов: Курс лекций / А.Е. Лепский, А.Г. Броневиц – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 156 с
2. Лисак О.О. Застосування методів штучного інтелекту в системах підтримки прийняття рішень в іхтіології і рибництві / О.О.Лисак, С.М. Гаріна, П.Г. Шевченко, // Наукові записки тернопільського національного педагогічного університету ім.Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – м. Тернопіль, – 2013. – № 3(56). – с. 56-61.
3. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин, – М.: Пищевая промышленность, 1966. –376 с.
4. Axelrod, H. R. Koi varieties: Japanese colored carp – nishikigoi. / H. R. Axelrod. // TFH Publications, Inc., Neptune City, – New Jersey. 1992. pp. 32 – 23.
5. Axelrod H. R. The completely illustrated guide to koi for your pond. / H. R. Axelrod, E. Balon, R. C. Hoffman, S. Rothbard and G. Wohlfarth. // TFH Publications, Inc., Neptune City, – New Jersey. 1996. pp. 79 – 90.
6. Balon E.K. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from roman gourmets to the swimming flowers. /E.K. Balon // *Aquaculture* 129: 1995, – pp. 3–48.