

**ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ІКРИ ОСЕТРОВИХ І БІЛОГО АМУРА НА ОСНОВІ
ІНФОРМАЦІЙНИХ І МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НЕЧІТКИХ МНОЖИН**

В статті запропоновано новий метод раннього оцінювання якості продуктивності ікри лососевих та осетрових риб, створено інформаційно-структурну модель PPPR для підтримки прийняття рішень, наведено окремі біотехнічні етапи розведення та вирощування осетрових з різним ступенем детальності, формування структури маточних стад лососевих та осетрових, управління сезонністю їх розмноження за допомогою фотонних технологій обробки ікри лососевих та осетрових риб.

Ключові слова: інформаційна технологія, підтримка прийняття рішень, ікра риб, етапи розведення, етапи вирощування.

N. V. TITOVA, S. V. PAVLOV, S. M. ZLEPKO, E. L. PIROTTI
Vinnytsia National Technical University

**EVALUATION OF QUALITY OF ICES OF ASTERIUM AND WHITE AMURAS BASED ON INFORMATIONAL
AND MATHEMATICAL MODELS OF INFANT MULTIPLES**

The sharp contraction of the number of mature producers in the Caspian Sea and the Azov Seas, despite the prohibition of specialized sturgeon fishing since 2000, has led to the need for the rapid formation of uterine herds. The necessity of research in this direction is explained by the fact that in the last two decades special research and experimental works have been carried out in Ukraine, Italy, the USA, France, Russia and analyzed and summarized the experience of commodity cultivation, formation and fish farming of various herds of various types of sturgeon, including passageways, significantly improved existing and developed new methods and technological methods for the cultivation of sturgeon fish. In addition, despite the intensive development of various forms of commercial sturgeon in Ukraine (including farmer), caviar from artificially created uterine herds is still produced only on an experimental scale. One of the reasons for this is the lack of up-to-date expert systems for assessing the reproductive quality of sturgeon caviar, which would significantly improve the efficiency of the formation and use of not only "dairy", but also tribal and collectible stock breeds of salmon and sturgeon. The development of a new rapid method of early evaluation of reproductive quality of salmon and sturgeon caviar and determining the stages of maturity of the gonads allows solving this problem. At the same time, the authors consider certain biotechnical stages of breeding and growing sturgeons with varying degrees of detail, the formation of the structure of the breeding stock of salmon and sturgeon, and the management of the seasonality of their reproduction with the help of photonic technologies for the processing of sturgeon caviar. The article proposes a new method for early evaluation of the quality of salmon and sturgeon caviar productivity, created an information and structural model of the PPPR to support decision-making; some biotechnical stages of breeding and sturgeon cultivation with different degrees of detail, formation of the structure of the stock breeds of salmon and sturgeon, the management of their seasonality reproduction with the help of photonic technologies for treating salmon and sturgeon caviar.

Keywords: information technology, decision support, fish caviar, stages of breeding, stages of cultivation.

Вступ

Різне скорочення чисельності зрілих виробників в Каспійському і Азовському морях, незважаючи на заборону спеціалізованого промислу осетрових з 2000 р призвело до необхідності якнайшвидшого формування маточних стад. Необхідність досліджень в даному напрямку пояснюється ще й тим, що в останні два десятиліття в Україні, Італії, США, Франції, Росії та інших країнах були проведені спеціальні науково-експериментальні роботи, проаналізовано та узагальнено досвід товарного вирощування, формування і рибоводного використання маточних стад різних видів осетрових, включаючи прохідних, значно вдосконалені існуючі та розроблені нові методи і технологічні прийоми розведення осетрових риб.

Проблема

Крім того, незважаючи на інтенсивний розвиток різних форм товарного осетрівництва в Україні (включаючи фермерське), харчова ікра від штучно створених маточних стад до цих пір виробляється тільки в експериментальних масштабах. Однією з причин цього є відсутність до останнього часу експертних систем для оцінювання якості репродуктивності ікри осетрових риб, що дозволило б істотно підвищити ефективність формування і використання не тільки "дійних", а і племінних та колекційних маточних стад лососевих та осетрових.

Вирішення проблеми

Розвиток нового експрес-методу раннього оцінювання якості репродуктивності ікри лососевих та осетрових риб і визначення стадій зрілості гонад дозволяє вирішити цю проблему. Разом з тим, автори розглядають окремі біотехнічні етапи розведення та вирощування осетрових з різним ступенем детальності, формування структури маточних стад лососевих та осетрових, управління сезонністю їх розмноження за допомогою фотонних технологій обробки ікри осетрових риб.

Аналіз літературних джерел

Для того, щоб визначитися за якими критеріями розраховувати якісні показники ікри риб для штучного відтворення, необхідно розглянути будову ікринки. Ікра риб різних видів відрізняється за формою, будовою, розміром, забарвленням, хімічним складом [1, 8].

Форма ікринок осетрових риб трохи видовжена (яйцеподібна), лососевих та інших риб – майже правильна (куляста) (рис. 1).

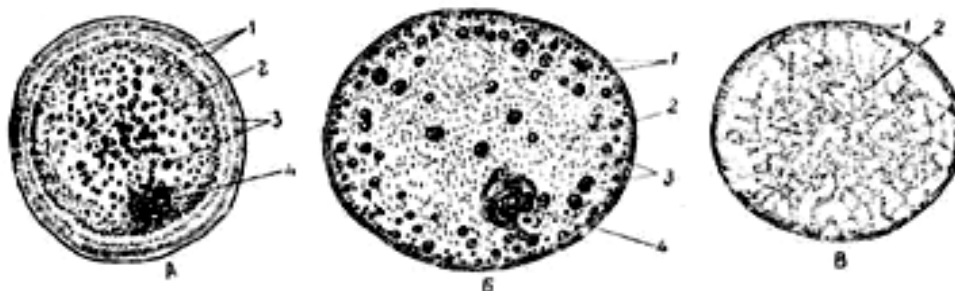


Рис. 1. Будова зерна ікри: А – осетрових риб; Б – лососевих риб; В – частикових риб: 1 – оболонка; 2 – білкова маса; 3 – жирові краплі; 4 – зародкові плями [1, 8]

Ікринки осетрових і лососевих риб складаються з оболонки, жовткової маси, жирової краплі і зародкового пухирця (вічка); інших риб – з оболонки і жовткової маси. Оболонка ікринок тонка, напівпрозора. Жовткова маса (молочко) напіврідка; вона являє собою колоїдний розчин білкових речовин із зваженими краплями жиру. У жовтковій масі розміщений зародковий пухирець.

Забарвлення ікринок також є специфічним для кожного виду. Ікра, що розвивається в менш сприятливих кисневих умовах, зазвичай забарвлена інтенсивніше. Ікра осетрових риб має світло-сіре і навіть чорне забарвлення. У тихоокеанських лососів ікра характерного помаранчевого або помаранчево-червоного кольору. Більшість видів риб (сазан, лящ, щука та ін.) мають ікру сірувато-жовтого або зеленувато-бурого забарвлення, ікра судака і жереха – світло-помаранчева, тріски і минтая – світло-жовта [1, 8].

Існує кількість іноземних методик, автори яких за допомогою візуальних спостережень або інструментальних вимірювань тестують якість ікри.

Оцінювання якості ікри у більшості випадків проводиться після її запліднення на різних стадіях розвитку ембріонів: від дроблення до вилуплення [2, 3, 4].

Для запліднення використовують ікру тільки високої якості, показниками якої є:

1. Правильна форма і однакові розміри ікринок.
2. Певна маса ікринок. Наприклад, в 1 г дозрілої ікри повинно міститися у білуги 35-40 ікринок, осетра 45-50 ікринок, севрюги - 75-90 ікринок.

3. Наявність на зародковому полюсі плями іншого забарвлення, ніж на іншій половині ікринки.

Ікринки багатьох риб містять одну або кілька жирових крапель, які забезпечують плавучість ікринок.

Також існує методика оцінки якості ікри за розподілом жирових крапель на поверхні ікринок, яка запропонована польським вченим А. Ciereszko (рис. 2):

- А – I група – з рівномірним розподілом дрібних крапель;
- Б – II група – зі згущеними та об'єднаними краплями;
- В – III група – з великими, об'єднаними на одному полюсі краплями.

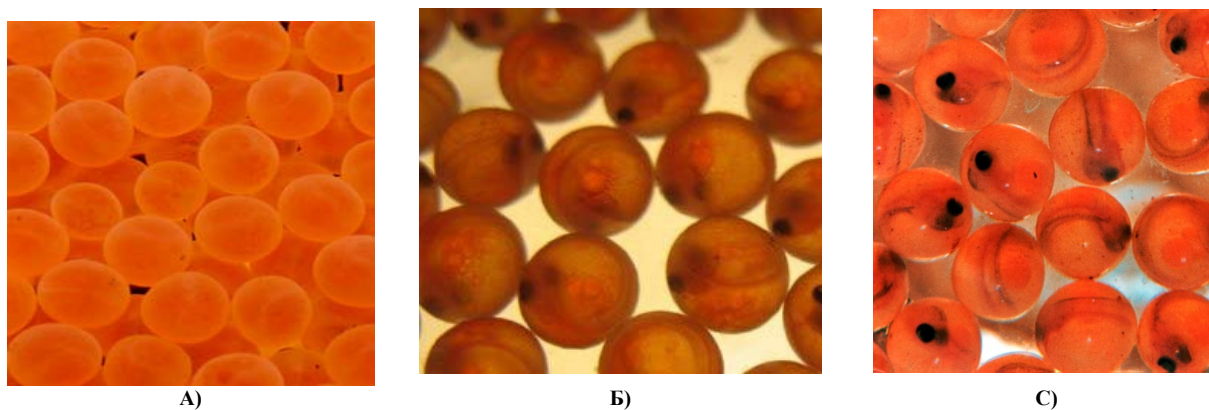


Рис. 2. Характер розташування жирових крапель по поверхні жовтка ікринок

Однак, недоліком цього методу є труднощі чіткого поділу на групи по розподілу жирових крапель на поверхні жовтка ікринок. Іншими дослідниками, наприклад [6], ця методика по оцінці якості ікри не підтверджується.

Метод оцінки якості ікри по відносному збільшенню ваги ікринок під час набухання запропоновано австрійськими вченими [7]. В серії дослідів, які проводилися на озерній форелі, показано, що коефіцієнт кореляції між вагою ікринки під час набухання та виходом ембріонів був позитивним ($r=0,58$) та статично ймовірним ($p=0,05$). Ікра високої якості мала вірогідно більший рівень поглинання води ($12,1 \pm 2,1\%$) порівняно з ікрою низької якості ($3,4 \pm 1,7\%$). Тобто ікра низької якості мала низьке набухання.

Таким чином, аналізуючи літературні джерела по оцінюванню якості ікри, можна зробити висновок, що чітких показників (параметрів) за якими можливо визначити якість ікри, не існує.

Основний текст статті

Розглянемо якість ікри за комплексним параметром, у вигляді сукупності: колір ікри, її розмір та рівень поглинання води:

Колір осетрової ікри будемо відмічати буквами:

А – ікра світло-сіра, сіра, жовта і світло-коричнева;

Б – ікра темно-сіра і коричнева;

У – ікра темна.

Для визначення кольору ікри перетворимо її кольорові зображення у відтінки сірого кольору за допомогою розробленої програми «Аналізатор властивостей біологічних об'єктів». При цьому вихідне зображення представляється у вигляді (рис. 3). Далі колірний режим зображень відображається у відтінках сірого кольору, де наведено шкалу в якості еталонів яскравості білого кольору (рис. 4). Шкала передає 256 відтінків (градаций) сірого кольору, або яскравості (значення 0 представляє чорний колір, а значення 255 – білий). Визначається розподіл значень яскравості пікселів даного зображення біологічного об'єкту (рис. 5).

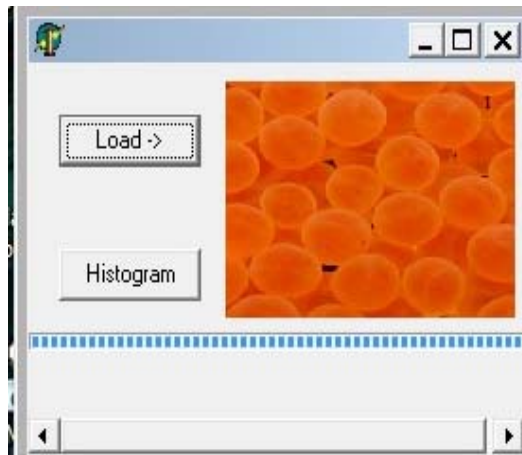


Рис. 3. Вихідне зображення біологічного об'єкту

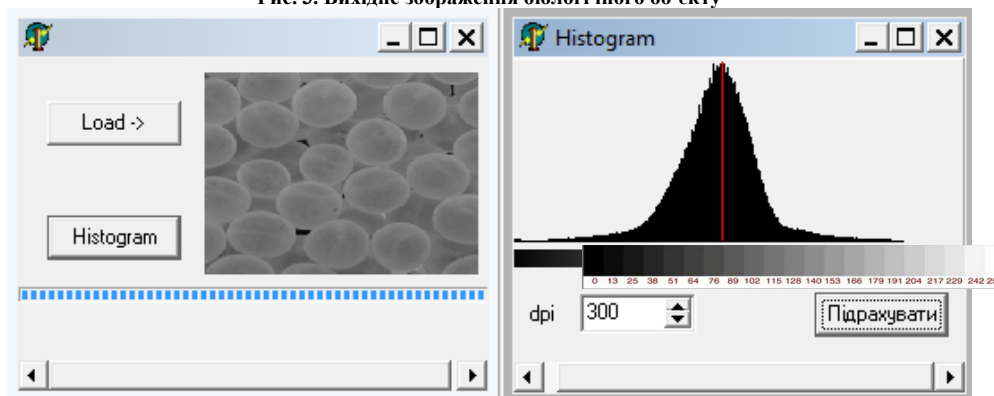


Рис. 4. Перетворення кольорових зображень у відтінки сірого кольору за допомогою розробленої програми «Project2»

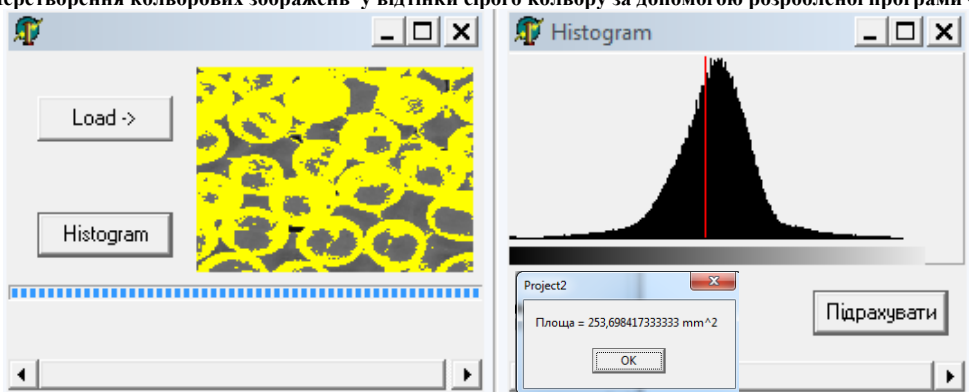


Рис. 5. Розподіл значень яскравості пікселів даного зображення біологічного об'єкту

Розмір лососевої та осетрової ікри.

Дрібна – до 1,5 мм в діаметрі

Середня – до 2 мм в діаметрі

Велика – до 3 мм в діаметрі.

Найбільш рідкісною і, відповідно, найдорожчою (іноді дорожче за ікру білуги) є ікра осетра за кольором дуже схожа на колір золота. Зерно цієї ікри має бути дуже великим (3-4 мм.)

Ікра білого амура має розмір від 1,2–1,4 мм. Але коли вона попадає до водного середовища її розмір збільшується в 4-5 разів, тобто розмір ікринки білого амура стає від 4,8–7,0 мм.

Для визначення розміру ікри використовується розроблене програмне забезпечення «Аналізатор властивостей біологічних об'єктів». При цьому формується вихідне зображення та трансформується зображення з відтінками сірого за допомогою фільтру Собела (рис. 6).

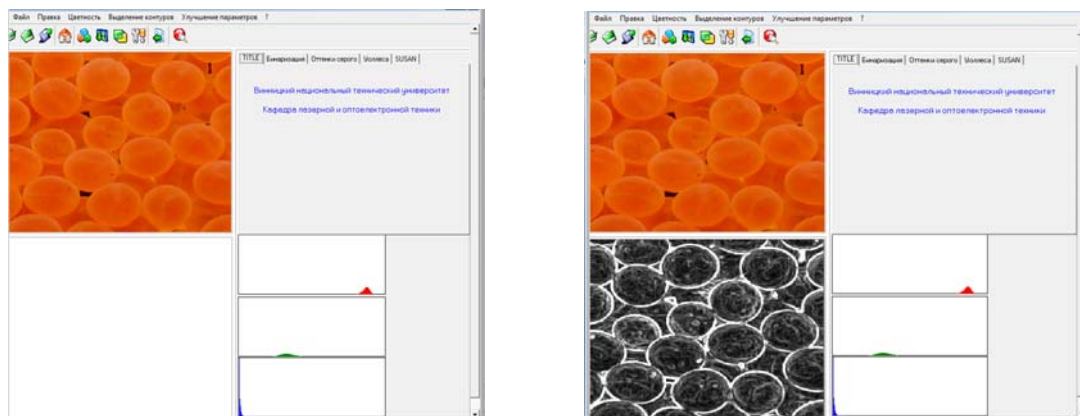


Рис. 6. Вихідне зображення та трансформоване зображення з відтінками сірого за допомогою фільтру Собела

Далі зображення бінаризується та визначається розмір біологічного об'єкта, зокрема розміру ікри осетрових риб (рис. 7, 8).

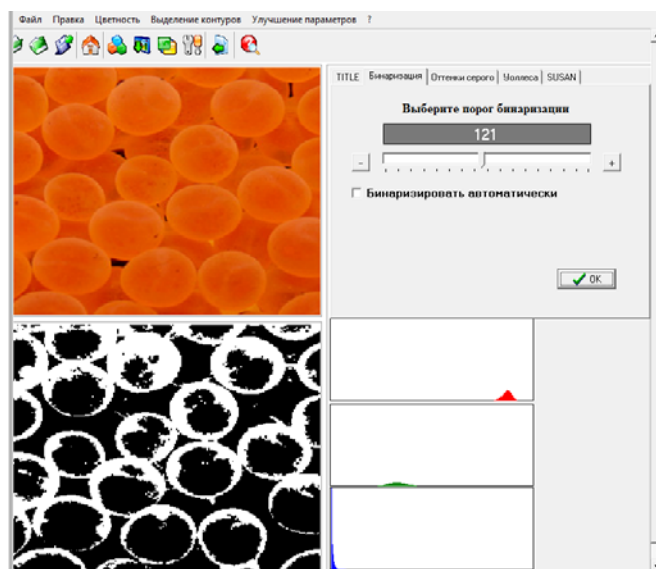


Рис. 7. Бінаризація зображень біологічних об'єктів

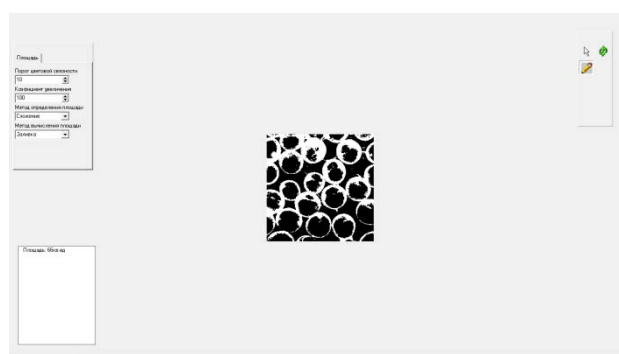


Рис. 8. Визначення розміру біологічних об'єктів

Зокрема застосування фотонного випромінювання ікринок риб надало збільшення розміру самих ікринок на 20% (при опроміненні зеленим кольором матриці) та збільшення виходу запліднених ікринок з 30% до 70%.

Для оцінювання якості лососевої та осетрової ікри розроблено інформаційно-структурну модель підсистеми підтримки прийняття рішень (рис. 9), яка входить до складу низькоенергетичної фотонної технології управління інкубаційним процесом осетрових і білого амура.

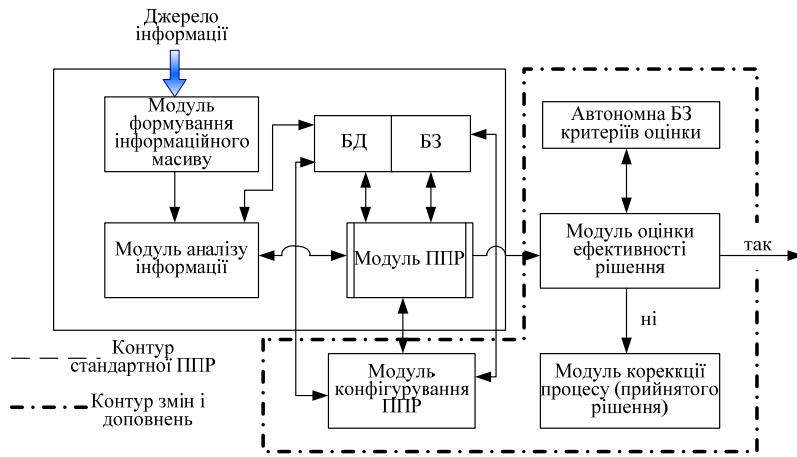


Рис. 9. Інформаційно-структурна модель ППР для ІФТ НЗП

Представлена модель включає в себе два контури: стандартної ППР і модернізованої, який складається з модуля оцінки ефективності прийняття рішень, бази знань, критеріїв оцінки, модуля корекції інформаційної складової процесу прийняття рішень, модуля конфігурування ППР (апаратно-програмна складова процесу).

Для оброблення інформації використовуються два підходи до організації біомедичних даних [9]: фрагментування; комплексування. При фрагментуванні задача оброблення даних підрозділяється на окремі частини з метою більш ефективного її розв'язання. При комплексуванні для вирішення окремих задач параметри об'єднуються в більш великі розділи.

У роботі пропонується застосування модуля ППР шляхом проектування та налаштування нечітких баз знань, які являють собою сукупність лінгвістичних висловлювань типу: якщо <входи>, то <виходи>. У загальному випадку вхідні змінні, які використовуються в експертній системі, можуть бути подані в якісній або кількісній формі.

Функція введення бази знань здійснюється у табличній формі на основі структури дерева виведення. Для розроблюваної інформаційно-структурної моделі ППР вигляд таблиці знань наведено у табл. 1.

Таблиця 1

База даних про співвідношення

Якість ікри осетрових риб	Розмір ікри (X_1)	Усереднене значення відтінку градації сірого кольору (X_2)	Значення рівня поглинання води (X_3)	Ступінь оцінювання
1	2	3	4	5
Відмінної якості	BC	C	BC	D1
	BC	BC	BC	
Доброї якості	HC	HC	C	D2
	HC	HC	HC	
	HC	C	C	

База даних про співвідношення

1	2	3	4	5
Доброї якості	HC	C	HC	D2
	C	HC	C	
	C	C	C	
	C	BC	C	
	C	BC	HC	
Задовільної якості	HC	H	H	D3
	HC	H	HC	
	HC	HC	HC	
	HC	HC	H	

Враховуючи той факт, що при опрацюванні біологічних показників доволі часто потрібно використовувати не тільки чіткі цифрові критерії, але й певні лінгвістичні характеристики змін показників (термів), нами проведено аналіз частини з них за допомогою математичного апарату нечіткої логіки. Такий підхід дозволяє одержати однозначний цифровий вираз для тих критеріїв, які мають описові характеристики і, відповідно, якісний зміст, наприклад такі ознаки, як Н – низький, НС – нижче середнього, С – середній, ВС – вище середнього, В – високий [9] (табл. 1)

Кожний з вказаних термів являє собою нечітку множину, яка задана за допомогою спеціальних функцій належності і може бути подана певним інтервалом, що має свої цифрові ступені від 0 до 1. Про абсолютну неналежність до множини свідчить 0, а про абсолютну належність – 1.

Для кожної з баз даних з метою формалізації показників визначаються відповідні функції належності [9]. Тому логічні рівняння для оцінювання важкості захворювання стану будуть мати такий вигляд (1–3):

$$\mu^{d1}(X_1, X_2, X_3) = \mu^{BC}(X_1) \cdot \mu^C(X_2) \cdot \mu^{BC}(X_3) \vee \mu^{BC}(X_1) \cdot \mu^{BC}(X_2) \cdot \mu^{BC}(X_3); \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d2}(X_1, X_2, X_3) = & \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^C(X_3) \vee \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{BC}(X_3) \vee \\ & \vee \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^C(X_2) \cdot \mu^C(X_3) \vee \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^C(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \vee \mu^C(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^C(X_3) \vee \\ & \vee \mu^C(X_1) \cdot \mu^C(X_2) \cdot \mu^C(X_3) \vee \mu^C(X_1) \cdot \mu^{BC}(X_2) \cdot \mu^C(X_3) \vee \mu^C(X_1) \cdot \mu^{BC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3); \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d3}(X_1, X_2, X_3) = & \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^H(X_3) \vee \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \vee \\ & \vee \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \vee \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^H(X_3). \end{aligned} \quad (3)$$

Для побудови рівнянь необхідно визначити функції належності $\mu^j(x_i)$ всіх нечітких термів j (В, ВС, С, НС, Н) для всіх факторів x_i (в даному випадку j – значення коефіцієнта симетрії, i – інтервал дослідження: $i=1,4$). Якщо вважати високий рівень варіантом норми, то побудову рівнянь необхідно проводити для п'яти нечітких термів (В, ВС, С, НС, Н). При цьому кожному фактору x_i повинна відповідати своя п'ятірка функцій належності.

Для спрощення моделювання потрібно зробити певні дії:

Нехай \underline{x}_i і \overline{x}_i – нижня та верхня межі діапазону змін фактора x_i . Виразимо інтервал $[\underline{x}_i, \overline{x}_i]$ на інтервал $U=[0, 4]$, на якому задані функції належності $\tilde{\mu}^j(u)$, $u \in U$ для нечітких термінів $j=В, ВС, С, НС, Н$.

Графічний вигляд функцій належності зображений на рис. 10. Вибір подібних кривих зумовлений тим, що вони є кусково-лінійними апроксимаціями експертних функцій належності $\mu^j(x_i)$, одержаних для факторів $x_1 \div x_4$ методом парних порівнянь.

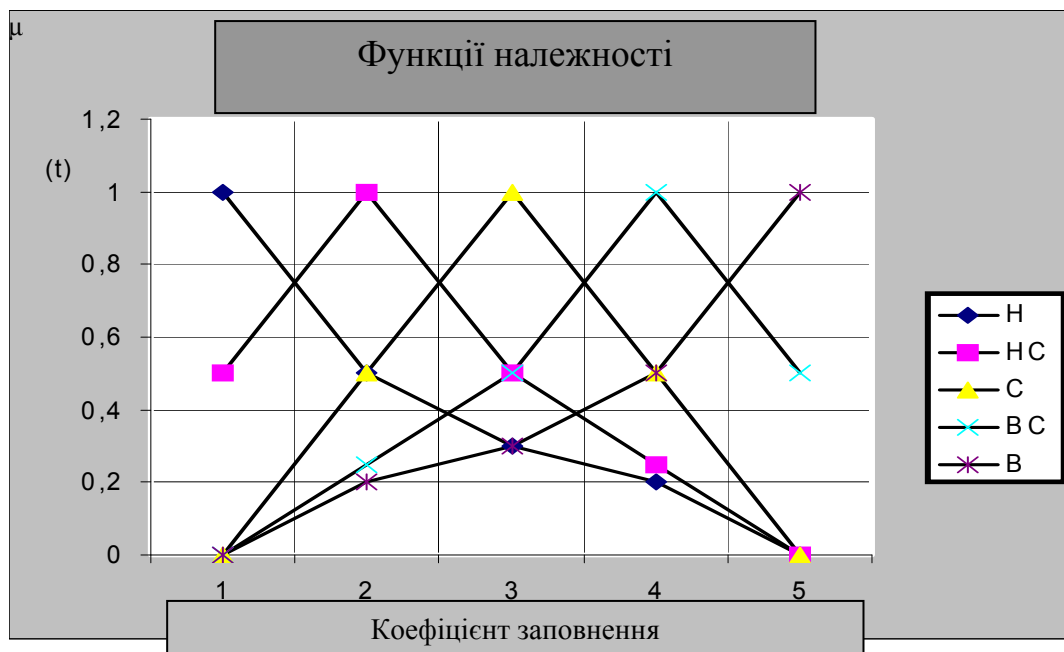


Рис. 10. Функції належності нечітких термів [9]

Перехід від функції $\tilde{\mu}^j(u)$ до шуканих функцій $\mu^j(x_i)$ здійснюється таким чином

$$u_i = 4 \frac{x_n - \underline{x}_n}{\overline{x}_n - \underline{x}_n}, \quad \tilde{\mu}^j(u_n) = \mu^j(x_n) \quad (5)$$

Прийняття рішення про якість ікри лососевих та осетрових риб можна провести за таким алгоритмом [240]:

Крок 1: зафіксуємо значення факторів для конкретної ікри $x_n (n = \overline{1,4})$;

Крок 2: за формулами (1)–(4) визначимо значення функцій належності $\mu^j(x_n)$ при фіксованих значеннях факторів x_n ;

Крок 3: користуючись логічними рівняннями обчислимо функції належності $\mu^{d,n}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ для усіх ступенів оцінювання $d_n, n = \overline{1,6}$. При цьому операції I (\cdot) та АБО (V) над функціями належності $\mu(a)$ та $\mu(b)$ замінюються на операції min та max

$$\mu(a) \cdot \mu(b) = \min[\mu(a), \mu(b)]; \quad \mu(a) \vee \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)];$$

Крок 4: Визначається рішення d_0 , для якого

$$\mu^{d_0}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max[\mu^{d_n}(x_1, x_2, \dots, x_n)]. \quad (6)$$

Цьому рішення і буде відповідати шуканий діапазон, який вказує на ступінь якості ікри лососевих та осетрових риб. У ході біологічних досліджень виникає задача настроювання нейронечіткої мережі (рис. 11). Для настроювання параметрів цієї мережі використовуються рекурентні співвідношення, запропоновані проф. Ротштейном О. П.

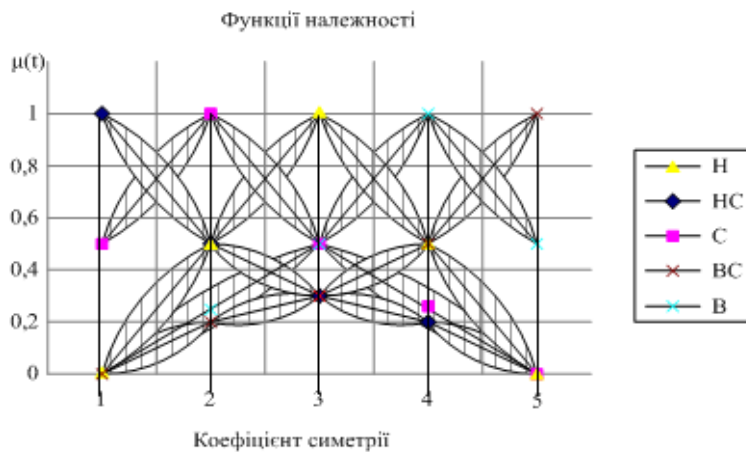


Рис. 11. Функції належності нечітких термів після процедури настроювання

Сутність настроювання моделі полягає у підборі таких параметрів функцій належності $(b_i^{jp}(t), c_i^{jp}(t))$ та ваг нечітких правил $(w_{jp}(t))$, які забезпечують мінімум розходження між моделями та діагностичними результатами

$$\sum_{i=1}^M (F_y(\hat{x}_1^l, \hat{x}_2^l, \dots, \hat{x}_{12}^l, W_i) - \hat{y}_l)^2 = \min_{W_i}, \quad (7)$$

де $\langle \hat{X}_l, \hat{y}_l \rangle, l = \overline{1, M}$ – дані експериментальних досліджень; b – координата максимуму; c – параметр ущільнення та розтягування.

Висновок

Запропоновано новий експрес-метод раннього оцінювання якості продуктивності ікри лососевих та осетрових риб. Запропоновано інформаційно-структурну модель ПППР для підтримки прийняття рішень шляхом проектування та налаштування нечітких баз знань, які являють собою сукупність лінгвістичних висловлювань типу: якщо <входи>, то <виходи>. У загальному випадку вхідні змінні, які використовуються в експертній системі, можуть бути подані в якісній або кількісній формі. Запропоновано окремі біотехнічні етапи розведення та вирощування осетрових з різним ступенем детальності, формування структури маточних стад лососевих та осетрових, управління сезонністю їх розмноження за допомогою фотонних технологій обробки ікри лососевих та осетрових риб.

Література

1. Детлаф Т. Л. Развитие осетровых рыб. (Созревание яиц, оплодотворение, развитие зародышей и предличинок) / Т.Л. Детлаф, А.С. Гинзбург, О.И. Шмальгаузен. – М. : Наука, 1981. – 224 с.
2. Мантельман И.И. Оценка производителей пеляди по жизнеспособности потомства / И.И. Мантельман // Генетика промысловых рыб и объектов аквакультуры. – М. : Легкая и пищевая пром., 1983. – С. 93–98.

3. Шиндавіна Н.И. Влияние различных факторов на средний вес икринок у радужной форели / Н.И. Шиндавіна // Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России : тез. докл. межд. конф. – Краснодар, 2001. – С. 127–128.
4. Nagler J.J. Single pair mating indicates effects on embryo survival in rainbow trout / J.J. Nagler, J.E. Persons, J.G. Cloud // *Aquaculture*. – 2000. – Vol. 184. – P. 17–183.
5. A lack of consistent relationship between distribution of lipid droplets and egg quality in hatchery-raised rainbow trout / A. Ciereszko [at al.] // *Aquaculture*. – 2004. – Vol. 242. – P. 617–624.
6. Моисеева Е.В. Биологические основы повышения эффективности разведения радужной форели в условиях прлеменных заводов : автореф. дис. канд. биол. наук : 03.02.06 – ихтиология / Моисеева Елена Владимировна. – Краснодар, 2015. – 23 с.
7. Lahnsteiner F. Rainbow trout egg quality determination by the relative weight increase during hardening: a practical standardization / F. Lahnsteiner, R.A. Patzner // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2002. – Vol. 18. – P. 2–26.
8. Чебанов М.С. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб / Чебанов М.С., Галич Е.В., Чмырь Ю.Н. – М. : ФГНУ, Росинфорагротех, 2004. – 148 с.
9. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / Ротштейн А. П. – Винница : УНИВЕРСУМ – Винница, 1999. – 320 с.
10. Rotshtein A. Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuley for Medical Didical Diagnosis. Fussy and Neuro-Fussy Systems in Medicine (Eds: N. Teodorescu, A. Kandel, I. Lain.). USA. CRC-Press, 1998, pp. 235–295.
11. Рашкевич Ю. Використання теорії нечітких множин на наборі відцентрованих в межах пікселя зображень для вирішення задачі підвищення роздільної здатності / Ю. Рашкевич, Д. Пелешко, А. Ковальчук, Н. Кустра // *Технічні вісті*. – 2006. – № 3(24). – С. 85–88.
12. Pavlov S.V. Fuzzy expert opto-electronic system for the analysis of biomedical images (for example diagnosing glaucoma) / S.V. Pavlov, O.D. Azarov, I.R. Saldan, A.O. Rozhman, N.P. Babyuk // *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія : міжнародний науково-технічний журнал*. – 2013. – № 1(26). – С. 8–14.

References

1. Detlaf T. L. Razvitie osetrovyyh ryib. (Sozrevanie yaits, oplodotvorenje, razvitie zarodyishey i predlichinok) / T.L. Detlaf, A.S. Ginzburg, O.I. Shmalgauzen // М.: Nauka, 1981. 224 s.
2. Mantelman I.I. Otsenka proizvoditeley pelyadi po zhiznesposobnosti potomstva / I.I. Mantelman // *Genetika promyslovyyh ryib i ob'ektov akvakultury*. М.: Legkaya i pischevaya prom., 1983. – S.93-98.
3. Shindavina N.I. Vliyanie razlichnyh faktorov na sredniy ves ikrinok u raduzhnoy foreli / N.I. Shindavina // *Probleyi i perspektivy razvitiya akvakultury v Rossii: Tez. dokl. mezhd. konf.* – Krasnodar, 2001. – S.127-128.
4. Nagler J.J. Single pair mating indicates effects on embryo survival in rainbow trout, / J.J. Nagler, J.E. Persons, J.G. Cloud // *Aquaculture*. – 2000. – Vol.184. – P.177-183.
5. A lack of consistent relationship between distribution of lipid droplets and egg quality in hatchery-raised rainbow trout / A. Ciereszko [at al.] // *Aquaculture*. – 2004. – Vol.242. – P.617-624.
6. Moiseeva E.V. Biologicheskie osnovy povyisheniya effektivnosti razvedeniya raduzhnoy foreli v usloviyah prlemennyh zavodov. Avtoref.dis.kand. biol. nauk 03.02.06 – ihtiologiya, Moiseeva Elena Vladimirovna. – Krasnodar, 2015. 23 s.
7. Lahnsteiner F. Rainbow trout egg quality determination by the relative weight increase during hardening: a practical standardization / F. Lahnsteiner, R.A. Patzner // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2002. – Vol.18. – P.24-26.
8. Chebanov M.S., E.V. Galich E.V., Chmyr Yu.N.. Rukovodstvo po razvedeniyu i vyiraschivaniyu osetrovyyh ryib. – М., FGNU, Rosinforagroteh, 2004. – 148 s.
9. Rotshteyn A. P. Intellektualnyie tehnologii identifikatsii: nechetkie mnozhestva, geneticheskie algoritmyi, neyronnyie seti / Rotshteyn A. P. – Vinnitsa. : UNIVERSUM – Vinnitsa, 1999. – 320 s.
10. Rotshtein A. Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuley for Medical Didical Diagnosis. Fussy and Neuro-Fussy Systems in Medicine (Eds: N. Teodorescu, A. Kandel, I. Lain.). - USA. CRC-Press, 1998, pp. 235-295.
11. Rashkevich Yu. Vikoristannya teoriYi nechltkih mnozhin na nabori vldtsentrovanih v mezhah plksela zobrazen dlya virshennya zadachl pldvishennya rozdlnoyi zdatnostl / Yu. Rashkevich, D. Peleshko, A. Kovalchuk, N. Kustra // *Tehnichni visti*. – 2006. – № 3(24). – S. 85-88.
12. Pavlov S.V. Fuzzy expert opto-electronic system for the analysis of biomedical images (for example diagnosing glaucoma) / S.V. Pavlov, O.D. Azarov, I.R. Saldan, A.O. Rozhman, N.P. Babyuk // “Informatslynl tehnologiYi ta komp'yuterna Inzhenerlya”. Mizhnarodniy naukovotehnichniy zhurnal. – 2013. – № 1(26). – S. 8–14.

Рецензія/Peer review : 11.9.2018 р.

Надрукована/Printed : 19.9.2018 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Кичак В.М.