

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ НЕЧІТКИХ ПРОДУКЦІЙ ДЛЯ ВИБОРУ ЗБАЛАНСОВАНОГО ТА ЕКОНОМІЧНО ЕФЕКТИВНОГО РЕЖИМУ ГОДІВЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

В.Ю. Чумаченко*, І.В. Прохорович**

* Національний університет біоресурсів та природокористування України,

** Філія кафедри Математичних методів системного аналізу ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ»

e-mail: conta@voliacable.com

Ефективність сільськогосподарського виробництва, зокрема молочного тваринництва, залежить від продуктивності поголів'я, котра значною мірою визначається станом обміну речовин у тварин, на який у свою чергу справляє істотний вплив режим годівлі та утримання. З іншого боку ефективність залежить від затрат на виробництво сільськогосподарської продукції, зокрема від вартості кормів. Збалансованість раціону може підтримуватися за рахунок витрат, які не компенсуються приростом молочної продуктивності. Водночас тривале порушення умов годівлі у великої рогатої худоби спричиняє розвиток патологічних станів (кетозу, остеодистрофії, мікроелементозів, гіповітамінозів А і D), які призводять до істотного падіння продуктивності, що також негативно відбивається на економічній ефективності. Моніторинг стану обміну речовин для виявлення субклінічних форм його порушень, які розпізнаються лише за результатами лабораторних досліджень, вимагає значних затрат часу і коштів, проте не дає можливості заздалегідь передбачати обсяги витрат і дієво запобігати виникненню ймовірних порушень метаболізму у худоби. У цьому відношенні більш перспективним видається планування раціону на основі передбачення його впливу на стан обміну речовин у худоби, а відтак на її молочну продуктивність. Однак, у зв'язку з:

- наявністю на ринку значного різноманіття кормів, у тому числі комбінованих, кожен з яких має свої якісні та цінові характеристики;
- великою кількістю обчислюваних параметрів раціону, які справляють вплив на стан обміну речовин;
- різноманіттям порід тварин, які в силу своїх біологічних особливостей диктують різні вимоги до кормової бази та по-різному реагують на відхилення у режимі годівлі практичне використання цього підходу без застосування сучасних інформаційних технологій є вельми складним. Водночас математичних моделей і програмних реалізацій, які пропонували б вирішення цього завдання, нами не знайдено.

Метою нашого дослідження стала розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень для вибору раціону годівлі молочних порід великої рогатої худоби шляхом прогнозування стану обміну речовин у поголів'я на основі аналізу кормової бази. Така система розглядалася нами як інтегроване розширюване середовище, яке можна було б використовувати для прогнозування розвитку порушень обміну речовин у сільськогосподарських тварин та аналізу економічної ефективності режимів годівлі.

З огляду на відсутність повних і систематизованих статистичних даних про зв'язок якісного та кількісного складу раціону з показниками стану обміну речовин і водночас на наявність достатнього обсягу експертних знань у даній предметній області, при виконанні цього завдання було вирішено застосувати метод нечіткого моделювання, а розроблені моделі описати засобами мови нечіткого моделювання FCL.

Відповідно до поставленої мети та обраного методу її досягнення були сформульовані такі цілі:

- Запропонувати систему нечітких продукцій, що моделює вплив кількісного і якісного складу раціону на стан обміну речовин у худоби та, опосередковано, на молочну продуктивність;

• Розробити комп'ютерну програму, що дозволяла б легко реалізовувати на базі запропонованої системи нечітких продукцій конкретні варіанти моделей, за допомогою яких можна було б прогнозувати співвідношення між затратами на корми та молочною продуктивністю.

Створено систему нечіткого виведення, до якої увійшло дві бази правил, об'єднаних в окремі функціональні блоки. Правила першого з них моделюють динаміку показників обміну речовин у часі при довільному початковому стані в залежності від параметрів годівлі. Їхній шаблон записується у такому вигляді:

$$\text{IF } \frac{f}{f_N} \text{ IS } \{nb | nm | ns | zn | z | zp | ps | pm | pb\} \text{ AND } \frac{p-p_N}{p_N} \text{ IS } \{nb | nm | ns | zn | z | zp | ps | pm | pb\} \\ \text{THEN } \Delta f \text{ IS } \{nb | nm | ns | zn | z | zp | ps | pm | pb\},$$

де:

$$\frac{f}{f_N} - \text{відношення фактичного (початкового) або прогнозованого значення}$$

показника обміну речовин до норми,

$$\frac{p-p_N}{p_N} - \text{відносне відхилення параметра режиму годівлі від норми,}$$

$$\Delta f - \text{відносна зміна показника обміну речовин } f,$$

$\{nb | nm | ns | zn | z | zp | ps | pm | pb\}$ – одне з загальноприйнятих скорочень для основних термів лінгвістичних змінних у системах нечіткого виведення.

Прогнозоване значення показника на кожній наступній ітерації визначали, як $f = f_{[-1]}(1 + \Delta f_{[-1]})$, де $f_{[-1]}$ і $\Delta f_{[-1]}$ – значення показника та його відносна зміна на попередній ітерації. Такий підхід при адекватному виборі функцій приналежності та формулюванні правил нечітких продукцій дозволяє змодельовати процес адаптації організму до зовнішнього впливу, коли зміна показника стану обміну у кожен момент часу залежить від інтенсивності зовнішнього впливу та величини цього показника у попередній момент часу.

Другий блок правил моделює зв'язок між станом обміну речовин та молочною продуктивністю. Правила записуються у такому вигляді:

$$\text{IF } \frac{f}{f_N} \text{ IS } \{nb | nm | ns | zn | z | zp | ps | pm | pb\} \text{ THEN } \frac{r}{r_N} \text{ IS } \\ \{nb | nm | ns | zn | z | zp | ps | pm | pb\},$$

де:

$$\frac{f}{f_N} - \text{відношення прогнозованого значення показника обміну речовин до норми,}$$

$$\frac{r}{r_N} - \text{відношення прогнозованої молочної продуктивності до норми.}$$

Інформацію для побудови функцій приналежності для співвідношення $\frac{f}{f_N}$ і знайдено текстологічним методом. При заданні функцій приналежності $\frac{r}{r_N}$, $\frac{p-p_N}{p_N}$ та Δf , а також формулюванні правил нечітких продукцій використано експертні знання.

Практичною реалізацією наведених міркувань стала написана на мові програмування Java програма, яка дозволяє створювати, зберігати і модифікувати нечіткі

моделі, а також запускати їх на виконання. Програма підтримує розширюване сховище, де зберігаються довідкові дані щодо кормової бази, сільськогосподарських тварин та нормативних показників, а також інформація, що стосується усіх аспектів створених моделей. Для опису обчислюваних параметрів користувач вводить формули, в яких передбачає виконання арифметичних дій над кількісними та якісними показниками раціону, а також іншими раніше визначеними параметрами. Параметри і нормативні дані використовуються для створення змінних, на основі яких потім можна описувати інші змінні. Змінні можуть виступати в ролі вхідних і вихідних даних функціональних блоків. Для цього для кожної такої змінної задається правило дефазифікації, діапазон значень і значення за умовчанням, а для її термів – функції приналежності. Множина термів для кожної лінгвістичної змінної визначається шаблонами правил, до якої вона входить, Ці шаблони також задаються користувачем. Функції приналежності для термів лінгвістичних змінних та блоки правил відповідно до шаблонів визначаються окремо для кожної породи тварин, завдяки чому забезпечується можливість враховувати їхні біологічні особливості.

На основі визначених змінних і правил створюються моделі. У рамках моделі визначається поголів'я, що може складатися з тварин різних порід, для кожної з яких описуються один або кілька раціонів і задається тривалість їхнього застосування. Для змінних, які обчислюються на основі своїх же значень, отриманих на попередній ітерації, перед запуском моделі вводяться початкові значення. Початкові значення задаються окремо для кожної з порід тварин, представлених у моделі.

Виконання моделі починається з генерації блоків правил і функціональних блоків у синтаксисі FCL відповідно до введених користувачем визначень для кожної породи тварин, після чого програма здійснює задану кількість ітерацій, у межах кожної з яких функціональні блоки разом зі значеннями вхідних змінних послідовно подаються у блок нечіткого виведення. На кожній ітерації значення змінних обчислюється за заданими користувачем формулами або, у випадку вихідних змінних, за правилами дефазифікації.

Блок нечіткого виведення повністю підтримує синтаксис FCL рівня розширення. Зокрема він дає можливість виконувати агрегацію за правилами *min*-, *prod*- і *bdif*-кон'юнкції, при знаходженні функції приналежності кожного з висновків нечітких правил використовувати *min*- і *prod*-активізацію. Акумуляція може здійснюватися за правилами максимуму, обмеженої суми та нормалізованої суми. Підтримуються методи дефазифікації за центром ваги, центром площі, лівим і правим модальним значеннями. Нечітке виведення здійснюється за алгоритмом Мамдані. Кінцевим результатом роботи програми є відношення надою до сумарної вартості кормів за період прогнозування. Результати роботи програми виводяться у цифровому та графічному вигляді.

Оскільки розроблена програма дає можливість повного налаштування параметрів своєї роботи, вона може бути адекватним знаряддям побудови моделей для прогнозування стану обміну речовин у сільськогосподарських тварин, зокрема у великої рогатої худоби, в залежності від умов годівлі та вибору кращих з точки зору економічної ефективності раціонів.

Література

1. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание.: Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2007.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
3. International Electrotechnical Commission (IEC). Technical Committee No. 65: Industrial Process Measurement And Control. Sub-Committee 65 B: Devices. IEC 1131 - Programmable Controllers. Part 7 - Fuzzy Control Programming. Committee Draft Cd 1.0 (Rel. 19 Jan 97).