

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

И.П. Болодурина¹, С.А. Соловьев², С.С. Акимов¹

¹ Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия,

² Российская академия наук, г. Москва, Россия

Введение. Важнейшей тенденцией современного глобального развития является переход к новым, умным технологиям, основанным на оперативной обработке большого количества данных при помощи современных математических методов, осуществляемый с применением новейших средств коммуникации и информационных технологий. Подобная тенденция прослеживается в большинстве сфер человеческой деятельности, в том числе и в молочном производстве – важнейшей отрасли сельского хозяйства. **Цель работы** – разработка системы поддержки принятия решений для повышения продуктивности молочного животноводства. **Материалы и методы.** В качестве базы исследования использованы труды различных авторов по вопросам исследования критериев, оказывающих ключевое влияние на продуктивность животноводства, на основе чего определена взаимозависимость между факторами, обеспечивающими продуктивность молочного животноводства, а также исследована возможность управления продуктивностью молочного животноводства посредством изменения кормового рациона животных. Важное место отведено оценке микроэлементного статуса животных, которая является индикатором продуктивности животноводства. **Результаты.** В рамках исследования построены модели зависимости продуктивности молочного животноводства от кормовой базы, которая, в свою очередь, зависит от урожайности кормовых культур. Построенные модели позволили выявить возможности управляющего воздействия на урожайность кормовых культур посредством внесения удобрений и общую производительность молочного животноводства посредством регулирования рациона кормовыми добавками. При этом в работе в качестве индикатора состояния системы использован микроэлементный статус, который может быть измерен как у кормовой базы, так и у животных. Отслеживание изменений в элементном статусе позволяет оперативно реагировать на изменение условий и корректировать кормовую базу для оптимизации молочного производства. **Заключение.** Выявленные зависимости позволили разработать систему поддержки принятия решения для повышения продуктивности молочного животноводства, включающую в себя модули оценки урожайности и производительности, а также алгоритмы их корректировки.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, модели зависимости, микроэлементный статус, урожайность кормовых культур, производительность молочного животноводства.

Введение

Переход к цифровой экономике, осуществляемый в настоящее время в России, способствует созданию новых возможностей в области применения новейших интеллектуальных технологий. Подобные возможности могут быть применены в самых различных сферах человеческой деятельности.

Одной из ключевых задач руководства страны в рамках стратегического прогнозирования развития сельского хозяйства является обеспечение продовольственной безопасности. Реализация концепции продовольственной безопасности может быть осуществлена только в соответствии со стратегическими прогнозами, которые в свою очередь опираются на сложное моделирование систем вида «почва – растение» и «почва – корм – животное». Достижение основных положений концепции продовольственной безопасности возможно только при помощи интеграции высокотехнологических интеллектуальных систем в процесс управления сельским хозяйством. Информационные технологии – важный ресурс влияния на систему низкочувствительного, устойчивого производства продуктов питания и сырья для промышленности, повышения качества и безо-

пасности продуктов питания, уменьшения техногенной нагрузки на окружающую среду, снижения потерь в процессе производства сельскохозяйственной продукции [1].

Важной для России сельскохозяйственной отраслью является молочное животноводство. Вместе с тем за годы реализации Программы развития сельского хозяйства не удалось достичь значительного подъема молочного скотоводства, что не позволяет обеспечить необходимый уровень продовольственной безопасности страны по молочной продукции [2].

Такое положение дел говорит о необходимости применения интеллектуальных систем для достижения необходимого уровня производства молока и молочной продукции.

Деятельность любого животноводческого хозяйства можно рассматривать как производственную функцию, максимизация которой является основной целью функционирования данного хозяйства. Для достижения данной цели следует организовать наиболее эффективное управление деятельностью животноводческих хозяйств, с учетом ряда ключевых факторов, оказывающих непосредственное влияние на продуктивность данной отрасли.

В данной работе под продуктивностью будем понимать производство молока в абсолютных показателях, которое имеет прямую зависимость как от различных показателей кормовой базы, так и от общего состояния животных.

Указанная задача повышения продуктивности молочного животноводства включает в себя разнородные и разноформатные данные, характеризующиеся как показателями, имеющими ключевое значение в растениеводстве (температура, осадки, наличие и состав удобрений и т. д.), так и показателями, актуальными для животноводства (порода скота, рацион питания и т. д.). Комплексирование указанных факторов предполагает построение многокритериальной модели зависимости продуктивности от обозначенных факторов, а оптимизация данной модели дает основу для повышения продуктивности молочного скотоводства.

1. Формирование системы показателей, характеризующих продуктивность животноводства

Обзор литературы по вопросам исследования критериев, оказывающих ключевое влияние на продуктивность животноводства, показал, что большинство исследователей считают важнейшим из факторов качество кормовой базы [3–5].

Для кормовой базы отрасли животноводства с учетом существующих норм кормления используют достаточно ограниченное число кормовых культур в различных сочетаниях [6]. При этом важнейшую роль в продуктивности молочного животноводства играет кормовая ценность [7].

Степень обеспеченности животноводства кормовой ценностью напрямую зависит от урожайности кормовых культур. Урожайность в свою очередь является сложным многоаспектным показателем, на который оказывает влияние отдельная совокупность факторов. Среди таких факторов можно выделить нормы посева из расчета количества семян на засеваемую площадь [8], химическое состояние почв [9] и различные агроклиматические факторы [10].

В аграрной отрасли большое значение придается такому комплексному показателю, как микроэлементный статус. Под микроэлементным статусом понимается набор микроэлементов в составе растений или в организме животных, распределяемый, как правило, на четыре группы: макроэлементы, эссенциальные, условно-эссенциальные и токсичные микроэлементы [11].

Достоверно установлено, что микроэлементный статус организма животных оказывает большое влияние на продуктивность молочного животноводства [12]. Отметим также, что на продуктивность оказывают влияние и другие факторы, такие как порода животных, состояние здоровья, нормы содержания и т. д. [13]. Для оценки влияния этих факторов существуют системы разделения животных на различные группы (кластеры) [14].

Измерение микроэлементного статуса в целом направлено на оценку поступления и выбытия определенных групп микроэлементов, однако сам микроэлементный статус показывает значительную корреляцию с ключевыми показателями сельского хозяйства – с урожайностью и мясомолочной производительностью [15]. Зависимость между указанными параметрами и микроэлементным статусом растений и животных не является прямой и связана с различными особенностями почв, климата, питания и пр. Несмотря на отсутствие прямой корреляции с ключевыми показателями сельского хозяйства, микроэлементный статус является достоверным индикатором при построении сложных математических моделей в данной отрасли [16].

Взаимодействие между различными элементами существенно влияет на обмен веществ и, соответственно, на итоговую выработку молока [17]. Кроме того, абсолютное большинство элементов животные получают совместно с кормами, откуда следует, что состав кормов является основой при расчете поступления тех или иных микроэлементов [18]. Наиболее эффективным способом измерения элементного статуса животных является оценка химического состава шерсти [19].

Таким образом, микроэлементный статус может отражать состояние целого ряда факторов, актуальных для животноводческой отрасли: микроэлементный статус удобрений находит свое отражение в химическом состоянии почв, измерение микроэлементного статуса в урожае кормовых культур в сочетании с элементами в кормовых добавках дает представление о составе комбикормов, а измерение микроэлементного статуса организма животных является основой для анализа их продуктивности. Все это дает базу для создания системы поддержки принятия решений для молочного животноводства, основанной на комплексировании разноформатных данных, выраженных через изменение микроэлементного статуса животных и растений во времени.

Проведенный обзор показывает взаимозависимость между факторами, обеспечивающими продуктивность молочного животноводства, а также определяет возможность управления продуктивностью молочного животноводства посредством изменения кормового рациона животных. При этом оценка микроэлементного статуса животных может быть использована при оценке продуктивности за счет взаимосвязи микроэлементов в организме и итоговой продуктивности животноводства.

2. Постановка задачи повышения продуктивности животноводства

Среди факторов, оказывающих ключевое влияние на урожайность каждой культуры, выделим агроклиматические факторы (Q), а также микроэлементный состав вносимых удобрений (D). Выделение каждого из элементов в общую модель сделает последнюю чрезвычайно сложной, поэтому логичным видится сохранение деления на четыре ключевые группы элементов $V_i = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ и включение их в модель продуктивности.

Изменение элементного состава зависит от вносимых удобрений (D), поскольку все они содержат некоторую совокупность элементов, переходящую в итоге в состав кормовых культур.

Под урожайностью U в данном случае понимается общий объем растительной продукции, полученной с одной единицы площади. Поскольку урожайность кормовых культур является ключевым фактором в вопросе обеспечения животных кормами и, соответственно, продуктивности молочного животноводства, то достижение максимума по урожайности является необходимым условием при построении модели продуктивности.

Пусть $J = \{j_1, j_2, \dots, j_\alpha\}$ – число видов кормовых культур, $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_\beta\}$ – различные агроклиматические факторы, $D = \{d_1, d_2, \dots, d_\delta\}$ – виды вносимых удобрений. Урожайность U^j культуры $j \in J$ можно описать функцией F , зависящей от указанных агроклиматических факторов Q и вносимых удобрений D . Фактор вносимых удобрений D представляет собой управляющее воздействие на итоговую урожайность, поскольку количество и состав удобрений можно корректировать, добиваясь максимальной отдачи с каждой единицы площади. Согласно ранее разработанным моделям влияния агроклиматических факторов и удобрений, приведенным в работе [10], урожайность $U^j, j \in J$, зависящая от кормовых культур, агроклиматических факторов и вносимых удобрений, может быть описана следующим отношением:

$$U^j = F(j, Q, d^k) \rightarrow \max, \text{ культуры } d^k \in D, j \in J. \quad (1)$$

При этом отметим, что вносимые удобрения оказывают влияние как на урожайность, так и на элементный состав собранного урожая. Также корректировка элементов, попадающих в организм животных совместно с пищей, может быть осуществлена посредством использования различных кормовых добавок (G).

Пусть $G = \{g_1, g_2, \dots, g_\phi\}$ – различные варианты кормовых добавок. Состав комбикормов R для питания животных может быть описан функцией K , зависящей от урожайности определенных культур $U^j, j \in J$ и кормовых добавок $g^k \in G$, которые, в свою очередь, также являются элементами управления процесса формирования комбинированных кормов.

Согласно ранее разработанным моделям влияния кормовых добавок на продуктивность животноводства, приведенным в работе [11], зависимость состава комбикормов от урожайности и кормовых добавок может быть описана следующим отношением:

$$R = K(U^j, g^k) \rightarrow \max . \quad (2)$$

В данном соотношении показатель G также является управляющим воздействием, поскольку изменение состава рациона существенно влияет на продуктивность животноводства.

Полученная функция состава комбикормов дает возможность для оценки продуктивности молочного животноводства.

Пусть $W = \{w_1, w_2, \dots, w_j\}$ – различные группы молочного скота. Общая продуктивность молочного животноводства Z конкретной группы $w^i \in W$ может быть оценена как функция L , учитывающая обеспеченность животных комбикормами определенного состава R . Тогда зависимость продуктивности молочного животноводства от групп животных и состава комбикормов будет иметь следующий вид:

$$Z = L(w^i, R) \rightarrow \max . \quad (3)$$

Оценка продуктивности может быть выражена через систему показателей, характеризующих микроэлементный состав (МЭС). Каждый показатель v_i отображает наличие основных групп элементов в соответствующих кормовых культурах или организме животных.

Также отметим, что разрабатываемые модели должны быть динамичными, поскольку поступление элементов в организм является непрерывным процессом, имеющим зависимость от времени t . Составление динамических моделей позволяет не только проводить оценку эффективности молочного животноводства в конкретном хозяйстве, но и выполнять коррекцию питания животных для достижения большей продуктивности. При этом для достижения высокой продуктивности необходимо выполнять постоянный мониторинг состояния организма животных на основе данных анализа микроэлементного состава. В случае отклонений от норм необходимо ввести корректирующие мероприятия (в первую очередь – изменение состава добавок в комбикорма) для оптимизации продуктивности животноводства.

3. Построение системы поддержки принятия решений для молочного животноводства

Анализ показателей, оказывающих влияние на продуктивность животноводства, дает возможность интеграции ключевых аспектов продуктивности животноводства в виде общей схемы (рис. 1).

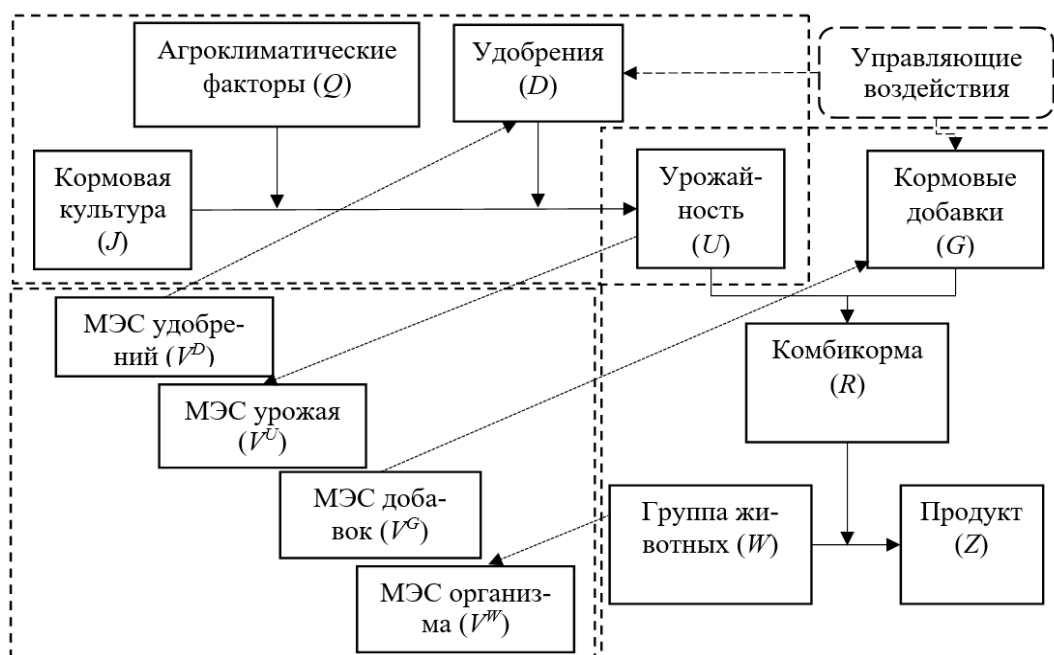


Рис. 1. Интегральная схема взаимодействия факторов на продуктивность животноводства
Fig. 1. Integrated scheme of interaction of factors on livestock production

Информатика и вычислительная техника

Согласно данной схеме, управление продуктивностью молочного животноводства может быть осуществлено на двух уровнях: на этапе выращивания кормовых культур путем воздействия на урожайность за счет изменения количества и состава удобрений и на этапе формирования рациона комбикормов путем регулирования кормовых добавок. Каждый этап управления может быть соответствующим образом оценен путем анализа микроэлементного состава выращиваемого урожая кормовых культур и биосубстратов молочных животных. Кроме того, управляющие воздействия на обоих уровнях могут быть также интерпретированы через показатели микроэлементного состава – соответственно, удобрений и кормовых добавок.

Понимание общей схемы взаимодействия разных показателей на итоговую продуктивность позволяет разработать систему поддержки принятия решений (СППР) для повышения продуктивности молочного животноводства. Блок-схема СППР приведена на рис. 2.

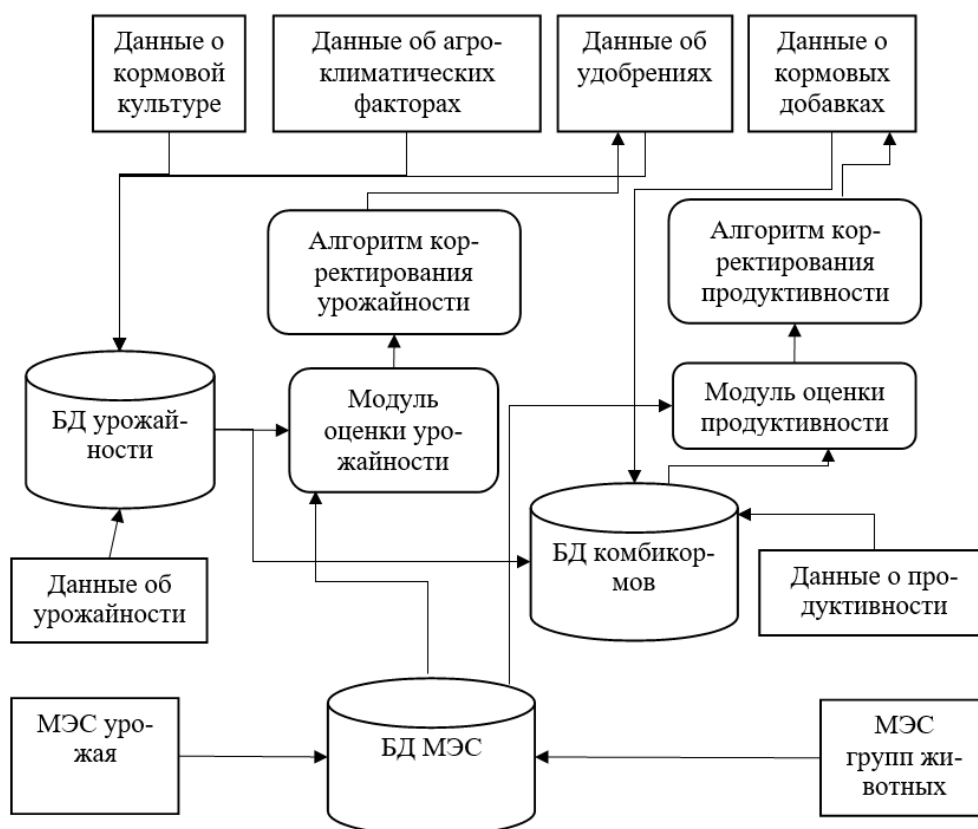


Рис. 2. Блок-схема СППР в области молочного животноводства

Fig. 2. Block diagram of decision support system in the field of dairy livestock production

В данной системе поддержки принятия решений в качестве поступающих данных используются данные о кормовых культурах, агроклиматических факторах, удобрениях, кормовых добавках, а также данные о продуктивности и урожайности. Помимо перечисленного система предусматривает ввод данных о микроэлементном составе урожая кормовой базы биосубстратов животных. Все данные накапливаются в трех базах, оценка производится поэтапно в двух модулях: в модуле оценки урожайности и модуле оценки продуктивности. Далее по результатам оценивания задействуются соответствующие алгоритмы корректировки урожайности и продуктивности, которые оказывают управляющее воздействие на удобрения и состав комбикормов.

Реализация данной СППР позволяет оперативно отслеживать изменения продуктивности молочного животноводства. Достоинством данной системы является достаточно простой и объективный мониторинг состояния любого животноводческого комплекса как производственной системы и возможность быстрого вмешательства в производственный процесс путем корректировки факторов питания молочных животных.

Заключение

В работе реализована система поддержки принятия решений для молочного животноводства. Обзор и анализ литературы по вопросам молочного животноводства позволил выявить основные факторы, оказывающие влияние на ее продуктивность. Кроме того, отмечено, что микроэлементный статус является достоверным индикатором при построении сложных математических моделей в системах вида «почва – корм – животное» для реализации концепции продовольственной безопасности и стратегического прогнозирования развития сельского хозяйства в целом.

Математическая интерпретация отобранных факторов, оказывающих влияние на продуктивность, позволила построить ряд ключевых зависимостей, являющихся основой разрабатываемой СППР. Все факторы были включены в интегральную схему взаимодействия, которая стала основой для разработки общей структуры системы поддержки принятия решений.

Реализованная СППР позволяет оперативно отслеживать изменения продуктивности молочного животноводства, а также проводить корректирующие мероприятия, направленные на ее повышение.

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-2502.2020.9), а также в соответствии с планом НИР на 2019–2020 гг. ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» (№ 0761-2019-0004).

Литература

1. Ананьев, М.А. Применение информационных технологий в АПК / М.А. Ананьев, Ю.В. Ухтинская // Системное управление: электрон. период. науч. изд. – 2012. – Вып. 4 (17). – <http://sisupr.mrsu.ru/category/issues/2012/vypusk-4-17/>.
2. Шахназарян, Г.Э. Молочное скотоводство России: проблемы, пути их преодоления / Г.Э. Шахназарян // Региональная экономика: теория и практика. – 2018. – Т. 16, № 7. – С. 1303–1319. DOI: 10.24891/re.16.7.1303
3. Векленко, В.И. Уровень развития кормовой базы и его влияние на производство молока / В.И. Векленко, Н.С. Прусов, В.М. Солиенко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 6. – С. 38–40.
4. Ситников, Н.П. Проблемы кормопроизводства в стратегии развития АПК / Н.П. Ситников // АПК: экономика, управление. – 2012. – № 1. – С. 75–78.
5. Тихомиров, И.А. Повышение эффективности использования кормовых ресурсов в системе технологической модернизации молочного скотоводства / И.А. Тихомиров, В.К. Скоркин // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 1 (29). – С. 66–73.
6. Воскобулова, Н.И. Зернобобовые культуры в кормопроизводстве степной зоны Оренбургской области / Н.И. Воскобулова, А.П. Будилов, В.Н. Соловьёва // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2 (98). – С. 202–207.
7. Векленко, Е.В. Пути укрепления кормовой базы молочного скотоводства / В.И. Векленко, Н.С. Прусов, Д.И. Дородных // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 6. – С. 20–23.
8. Михайленко, И.М. Оптимизация норм высева семян сельскохозяйственных культур / И.М. Михайленко, Тимошин В.Н. // Агрофизика. – 2017. – № 4. – С. 58–67.
9. Михайленко, И.М. Управление химическим состоянием почв на основе данных дистанционного зондирования земли / И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин // Таврический вестник аграрной науки. – 2018. – № 1 (13). – С. 63–73.
10. Influence of agrometeorological factors on wheat yields / G.N. Sandakova, I.N. Besaliev, A.L. Panfilov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 341. – Conf. 1. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012022
11. Феномен нагруженного метаболизма и продуктивность молочных коров / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов, М.Я. Курилкина // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 102, № 2. – С. 30–45. DOI: 10.33284/2658-3135-102-2-30
12. Некрасов, Д. Влияние отдельных факторов на пожизненную продуктивность коров / Д. Некрасов, А. Колганов // Молочное и мясное скотоводство. – 2006. – № 5. – С. 28–31.

13. Анищенко, А.Н. О направлениях активизации инновационных процессов в молочном скотоводстве региона / А.Н. Анищенко // Проблемы развития территории. – 2017. – № 2 (88). – С. 192–206.

14. Овсянникова, Г.В. Перспективные направления в секторе производства молокоемкой продукции в условиях молочного кластера Черноземья / Г.В. Овсянникова, Н.И. Гридяева // Вестник МАХ. – 2015. – № 4. – С. 32–37.

15. Сравнительный анализ информативности диагностических биосубстратов (сыворотка крови и шерсть) при определении элементного статуса экспериментальных животных [Электронный ресурс] / А.А. Скальный, М.В. Мелихова, Е.Ю. Бонитенко и др. // Микроэлементы в медицине, 2016. – Т. 17, № 1. – С. 38–44. DOI: 10.19112/2413-6174-2016-17-1-38-44

16. Ермаков, В.В. Биогеохимическая индикация микроэлементов / В.В. Ермаков, С.Ф. Тютиков, В.А. Сафонов; отв. ред. Т.И. Моисеенко. – М., 2018. – 386 с.

17. Элементный состав шерсти как модель для изучения межэлементных взаимодействий в организме молочного скота / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов и др. // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 4 (100). – С. 96–103.

18. Биодоступность некоторых элементов в организме животных в зависимости от рецептуры комбикормов / Р.Г. Исхаков, В.И. Левахин, В.И. Швиндт, В.В. Попов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 2. – С. 19–22.

19. Способ оценки элементного статуса организма крупного рогатого скота по химическому составу шерсти / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов и др. // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 3 (99). – С. 79–85.

Болодурина Ирина Павловна, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург; prmat@mail.osu.ru.

Соловьев Сергей Александрович, д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заместитель главного ученого секретаря Президиума РАН, Российская академия наук, г. Москва; sasolovev@presidium.ras.ru.

Акимов Сергей Сергеевич, старший преподаватель кафедры управления и информатики в технических системах, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург; elite17@mail.ru.

Поступила в редакцию 15 февраля 2020 г.

DOI: 10.14529/ctcr200204

DEVELOPMENT OF A DECISION MAKING SUPPORT SYSTEM TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF DAIRY ANIMAL BREEDING

I.P. Bolodurina¹, prmat@mail.osu.ru,

S.A. Soloviev², sasolovev@presidium.ras.ru,

S.S. Akimov¹, elite17@mail.ru

¹ Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation,

² Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Introduction. The most important trend in modern global development is the transition to new, smart technologies based on the operational processing of large amounts of data using the most advanced mathematical methods, carried out using the latest communication tools and information technologies. A similar trend can be seen in most areas of human activity, including in dairy production – the most important branch of agriculture. **The aim of the work** is to develop a decision support system to increase the productivity of dairy farming. **Materials and methods.** As the basis of the study, the works of various authors on the study of criteria that have a key impact on livestock

productivity were used, on the basis of which the interdependence between the factors ensuring the productivity of dairy farming was determined, and the possibility of controlling the productivity of dairy farming through changes in animal feed intake. An important place is given to the assessment of the microelement status of animals, which is an indicator of livestock productivity. **Results.** In the framework of the study, models were built for the dependence of the productivity of dairy farming on the feed base, which, in turn, depends on the yield of forage crops. The constructed models made it possible to identify the possibilities of a controlling effect on the yield of fodder crops through fertilizer application and the overall productivity of dairy farming, by regulating the diet with feed additives. At the same time, the microelement status was used as an indicator of the state of the system, which can be measured both in the feed base and in animals. Tracking changes in elemental status allows you to quickly respond to changing conditions and adjust the feed base to optimize dairy production. **Conclusion.** The revealed dependencies made it possible to develop a decision support system for increasing the productivity of dairy farming, including modules for assessing yield and productivity, as well as algorithms for their correction.

Keywords: decision support system, addiction models, trace element status, forage crop yields, dairy farming productivity.

References

1. Anan'ev M.A., Ukhtinskaya Yu.V. [Application of Information Technologies in AIC]. *Sistemnoye upravleniye* [System Control. Electronic resource], 2012, Iss. 4 (17). Available at: <http://sisupr.mrsu.ru/category/issues/2012/vypusk-4-17/> (in Russ.)
2. Shakhnazaryan G.E. [Dairy Cattle Breeding of Russia: Problems, Ways to Overcome them]. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2018, Vol. 16, № 7, pp. 1303–1319. (in Russ.) DOI: 10.24891/re.16.7.1303
3. Veklenko V.I., Prusov N.S., Solshenko V.M. [Level of Development of Feed Base and its Influence on Milk Production]. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2012, no. 6, pp. 38–40. (in Russ.)
4. Sitnikov N.P. [Forage Production Problems in the Development Strategy of Agrarian and Industrial Complex]. *Agrarian and Industrial Complex: Economy, Management*, 2012, no. 1, pp. 75–78. (in Russ.)
5. Tikhomirov I.A., Skorkin V.K. [Improving Efficiency of Feed Resources Use in the System of Technological Modernization of Dairy Cattle Breeding]. *Journal of VNIIMZH*, 2018, no. 1 (29), pp. 66–73. (in Russ.)
6. Voskobulova N.I., Budilov A.P., Solovyova V.N. [Leguminous Crops in the Fodder Production of the Steppe Zone of the Orenburg Region]. *The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2017, no. 2 (98), pp. 202–207. (in Russ.)
7. Veklenko V.I., Prusov N.S., Dorodny D.I. [Ways to Strengthen the Feed Base of Dairy Cattle Breeding]. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2013, no. 6, pp. 20–23. (in Russ.)
8. Mikhaylenko M., Timoshin V.N. [Optimization of Crop Seed Sowing Standards]. *Agrophysics*, 2017, no. 4, pp. 58–67. (in Russ.)
9. Mikhaylenko I.M., Timoshin V.N. [Management of Soil Chemical State Based on Earth Remote Sensing Data]. *Tavric Journal of Agrarian Science*, 2018, no. 1 (13), pp. 63–73. (in Russ.)
10. Sandakova G.N., Besaliev I.N., Panfilov A.L., Karavaitsev A.L., Kiyayeva E.V., Akimov S.S. Influence of Agrometeorological Factors on Wheat Yields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 341, conf. 1. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012022
11. Miroshnikov S.A., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kurilkina M.Ya. [Phenomenon of Loaded Metabolism and Productivity of Dairy Cows]. *Animal Husbandry and Fodder Production*, 2019, vol. 102, no. 2, pp. 30–45. (in Russ.) DOI: 10.33284/2658-3135-102-2-30
12. Nekrasov D., Kolganov A. [Influence of Certain Factors on Life Efficiency of Cows]. *Dairy and Beef Cattle Farming*, 2006, no. 5, pp. 28–31. (in Russ.)
13. Anishchenko A.N. [On Directions of Activation of Innovative Processes in Dairy Cattle Breeding of the Region]. *Problems of Territory's Development*, 2017, no. 2 (88), pp. 192–206. (in Russ.)
14. Ovsyannikov G.V., Gridyaev N.I. [Promising Directions in the Sector of Milk-Intensive Production in the Conditions of the Milk Cluster of Chernozemya]. *Journal of International Academy of Refrigeration*, 2015, no. 4, pp. 32–37. (in Russ.)

15. Skal'nyyck A.A., Melikhova M.V., Bonitenko E.Y., Rock A.V., Rock M.G., Miroshnikov S.A. [Comparative Analysis of Diagnostic Biosubstrates Information Content (Blood Serum and Wool) in Determining the Elemental Status of Experimental Animals]. *Minerals in Medicine*, 2016, vol. 17, no. 1, pp. 38–44. (in Russ.) DOI: 10.19112/2413-6174-2016-17-1-38-44

16. Ermakov V.V., Tyutikov S.F., Safonov V.A. *Biogeokhimicheskaya indikatsiya mikroelementov* [Biogeochemical Indication of Trace Elements]. Moscow, RAS Publ., 2018, 386 p.

17. Miroshnikov S.A., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kharlamov A.V., Duskayev G.K., Kurilkina M.Ya. [Elements Composition of Wool as a Model for Studying Interelement Interactions in the Body of Dairy Livestock]. *The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2017, no. 4 (100), pp. 96–103. (in Russ.)

18. Iskhakov R.G., Levakhin V.I., Schwindt V.I., Popov V.V. [Bioavailability of Some Elements in Animals Depending on the Formula of Mixed Feed]. *Bulletin of Orenburg State University*, 2006, no. 2, pp. 19–22. (in Russ.)

19. Miroshnikov S.A., Zavyalov O.A., Frolov A.N., Kharlamov A.V., Duskayev G.K., Kurilkina M.Ya. [Method of Assessment of Element Status of Cattle Organism by Chemical Composition of Wool]. *The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2017, no. 3 (99), pp. 79–85. (in Russ.)

Received 15 February 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Болодурина, И.П. Разработка системы поддержки принятия решений для повышения продуктивности молочного животноводства / И.П. Болодурина, С.А. Соловьев, С.С. Акимов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 36–44. DOI: 10.14529/ctcr200204

FOR CITATION

Bolodurina I.P., Soloviev S.A., Akimov S.S. Development of a Decision Making Support System to Increase the Productivity of Dairy Animal Breeding. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 36–44. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr200204
