10.28983/asj.y2020i3pp76-80 УДК 631.861:579.222.2:608.3

РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПРОЕКТА УТИЛИЗАЦИИ ПОМЕТА И АНАЛИЗ СПОСОБА ОСВОЕНИЯ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ГАДЖИЕВ Ровшан Мустафа оглы, *Азербайджанский государственный аграрный университет*

МАМЕДОВ Габил Балакиши оглы, *Азербайджанский государственный аграрный университет*

Проведен анализ проектов утилизации птичьего помета, представлена модель многоуровневого процесса технологического проектирования с выбором ошибочного решения на каждом шагу.

Введение. В логическом моделировании используются правила, составленные высокоспециализированными специалистами. Правила определяют, как действовать в той или иной ситуации. Такие правила считаются благоприятными для принятия решения исполнителями с более низкой специализацией. Есть два преимущества принятия оптимального решения с использованием программ электронно-вычислительных машин: первое – быстрый ответ на поставленный вопрос, второе – возникает возможность проводить широкоформатный эксперимент, осуществление которого на реальном объекте невозможно из-за нехватки времени.

Несмотря на общность решаемой задачи оснащения сельско-хозяйственных работ техническими средствами, модели математической оптимизации, разработанные для ее содержания и структуры, имеют ряд различий. Все математические модели условно можно разделить на аналитические и статистические варианты. В первом случае основные количественные показатели технологических операций связываются с аналитическими зависимостями. Именно эта система уравнений считается аналитической моделью. В случае применения статистической модели (имитационная модель, модель Монте Карло) принимается во внимание, что в технологических операциях есть случайный элемент и он не определен, но подчиняется закону распределения случайных чисел (статистическая модель позволяет исследовать систему желаемого типа).

Возможность учитывания нелинейности, динамичности, принадлежности ряда случаев вероятной природе создает возможность сделать статистическую модель адекватной действительности, при ее исследовании осуществить натурный эксперимент в короткий промежуток времени [4, 18]. Проблеме принятия решения на основе математических моделей посвящено много работ, в том числе работы Ю.Н. Кириллова [10], А.В. Афанасьева [2], А.М. Вальге [3, 4], А.А. Дубровина [7], В.Д. Попова [16], А.И. Завражнова [8], Л.С. Качановой [9], А.В. Трифонова [11] и других ученых.

Методика исследований. Статистические модели в виде уравнений одномерной и многомерной регрессии нашли широкое применение в изучении и оптимизации параметров сельскохозяйственных машин и агрегатов и технологических процессов [5]. Однако если не учитывать особенностей сельскохозяйственных работ, то это приведет к ошибке модели классического регрессионного анализа или даже неустойчивости, что сделает ее использование невозможным.

В общем виде уравнение регрессии выражается в виде нижеприведенной формулы:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i x_i \,. \qquad (1)$$

Задача идентификации статистической модели заключается в вычислении достоверных значений коэффициента a_i, исходящих из информации, полученной в процессе пассивного или активного эксперимента. Для решения этой задачи в качестве алгоритма Гауссом был предложен метод самых маленьких квадратов.

При использовании метода линейного программирования данная задача выража-

ется линейным уравнением. Самый распространенный метод решения задач с помощью линейного программирования – Симплекс-метод, или метод последовательного улучшения плана, позволяющий найти решение любой задачи путем совершения ограниченного числа шагов (итерация) линейного программирования. Каждый из указанных шагов состоит из алгебраических преобразований, совершаемых по признанным правилам. Для решения задач линейного программирования используются также методы дифференциальной ренты, метод потенциалов. В ходе распределения технических средств в зависимости от вида выполняемой ими работы также возможно использование экономически-математической модели транспортной задачи [7].

В решении задач математической модели, в которой переменные не являются первостепенными или являются результатами переменных, используется нелинейное программирование. Среди них наиболее используемым являются квадратическое программирование. Этот метод осуществляется при существовании линейных ограничений в решении экономически-планировочных задач, основываясь на максимуме (минимуме) квадратной функции. Отдельным видом математического моделирования является динамическое программирование. Оно применяется, когда анализируемые переменные рассматриваются в динамике, а их решение осуществляется в виде отношения изменения целевой функции в зависимости от времени [6].

В исследованиях по механизации процессов сельскохозяйственного производства важное место занимают задачи анализа динамических систем. К динамическим системам относятся все движущиеся механические системы, технологические и технические средства в ограниченном временном интервале и в процессе развития в пространстве в пределах показателей координат, автоматическое управление режимами тепло–влажность в теплицах, животноводческих и птицеводческих зданиях.

Для отмеченных выше систем в качестве основной модели используются дифференциальные уравнения (линейные и нелинейные):

$$\dot{X} = F(A, x, y, t), \qquad (2)$$

где $\dot{X}$ – векторы, производные от первой степени; A – неизвестные факторы модели; x, y, t – аргумент векторы уравнений системы.

Процессы сельскохозяйственного производства, выражаемые различными способами, приводятся к виду (2). Задачам индентификации динамических систем посвящено достаточно большое число работ [4].

Задача оптимизации состава, структуры и использования средств технического обеспечения сельскохозяйственного производства может рассчитываться применением сетевой модели [12] как одного из видов логической модели. В исследовании Л.С. Качановой [9] для технологии переработки птичьего помета и навоза успешно применен сетевой граф-метод.

В ходе проведения исследований по механизации процессов сельскохозяйственного производства одна из основных задач состоит в построении достоверной статистической модели (решение задачи идентификации), ее исследовании и оптимизации ее применения в конкретных критериях производственных условий.

Для сравнения методов и анализа их возможностей проведены работы по идентификации различными методами эталонной модели. В результате сравнительного анализа были разработаны и подготовлены рекомендации для решения подобных задач.

Для сравнительного анализа идентификационных методов были использованы нижеследующие алгоритмы [14]: анализ регрессии; нелинейное программирование; двойное интегрирование и размещение входных и выходных значений в ряду Фурье.

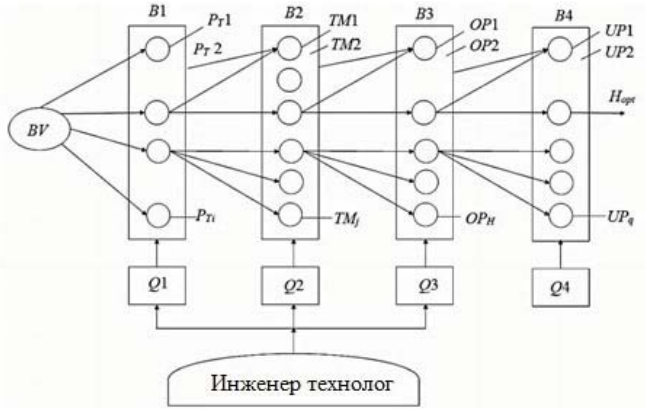
При использовании анализа регрессии было установлено, что точность расчетов в значительной степени зависит от точности начальных данных. В таких условиях модель бывает недостаточно устойчивой. С точки зрения применения в процессах сельскохозяйственного производства этот метод может быть использован для достаточно медленных процессов.

При использовании метода нелинейного программирования процесс опитимизации путем применения идентификационного алгоритма не зависит от начальных условий. Практически можно начать с нулевых начальных условий. Процесс идентификации бывает достаточно устойчивым. В конкретном примере интегрирования дифференциальных уравнений путем применения иден-

тификационного алгоритма, основанного на методе размещения входных и выходных значений в ряду Фурье, в ходе оптимизации процессов сельскохозяйственного производства были получены результаты, достаточно близкие к реальным значениям. Однако в этом случае и ошибок по сравнению с нелинейным программированием было больше [15].

Рассмотренная модель проектирования характеризуется низкой эффективностью. Для выбора рационального варианта необходимо до конца спроектировать варианты с многочисленными техническими ограничениями. Если на каждом уровне будет обеспечен выбор варианта рационального решения проекта, эффективность процесса может резко возрасти. В этом случае на первый план выходит проблема формирования критериев промежуточного выбора Q_1, Q_2,..., Q_n (самых рациональных вариантов на различных уровнях). На всех уровнях кроме последнего из-за существования различных степеней дробления точная оценка вариантов решения проекта и существование критерия выбора невозможна. Таким образом, сформировать на первом уровне критерий, позволяющий выбрать оптимальный вариант принципиальной схемы технологического процесса, нет возможности. Это связано с тем, что представление о проектируемом процессе носит здесь принципиальный характер и на следующих уровнях дробится и становится более точным. Таким образом, на всех уровнях проектирования кроме последнего критерий оценки решения проекта в той или иной степени носит эвристический характер. Это было обнаружено на основе опыта решения аналогичных задач.

В связи с эврестическим характером критерия выбора самого рационального варианта решения функция многоуровневой системы автоматизированного проектирования осуществляется таким образом, что на каждом промежуточном уровне проектирования выбирается не только один самый хороший вариант, но еще и несколько близких к нему вариантов. На последнем этапе отбирается итоговый вариант значения комплексного критерия качества, в сравнении с другими значениями самое большое или же самое маленькое значение. Модель многоуровневого процесса с ошибочным выбором на каждом уровне технологического проектирования представлена на рисунке.



Модель многоуровневого процесса технологического проектирования с выбором ошибочного решения на каждом уровне: BV – начальные данные для проектирования технологий; P_{Ti} – варианты технологий; TM_j – варианты осуществления технологических операций; OP_H – варианты технических средств для осущесвления операций, UP_q – результаты полученных технологий; B1-B4-Q1-Q4 селективные блоки варианта самого рационального по критериям решения; H_{opt} – анализ вариантов при выборе самого оптимального решения

Модель многоуровневого процесса с наличием ошибочного выбора на каждом уровне характеризуется высокой эффективностью. Так, пользователь на каждом этапе проектирования имеет возможность выбрать несколько вариантов, близких к самому лучшему варианту. На последнем этапе проектирования выбирается один итоговый вариант. Он, по мнению пользователя, соответствует этому критерию качества [19].

И.М. Фомин в своей работе «Автоматизированное проектирование машинной технологии производства картофеля» изложил принципы, методику, алгоритмы, программные пакеты проектирования [17]. Если свойства объекта способны заменять друг друга, то любая технология и любой технологический процесс можно претворить в жизнь. Совместное использование объектов с такими свойствами обеспечивает осуществление технологических процессов.

Результаты исследований. Процесс проектирования вмещает в себя нижеследующие шаги, выполняемые последовательно: изучение хозяйства, для которого осуществляется технологическое проектирование; сбор и оценка первоначальной информации о производственных условиях; сравнение первоначальной информации с информацией, которая, согласно данным программной базы электронно-вычислительной машины, огра-

ничивает применение технологии; принятие решения о применении машинных технологий для данных условий производства.

Алгоритм выбора рационального варианта технологического процесса применяется в форме импликации. На основе принципа исследования из рациональных технологических процессов формируется несколько технологических вариантов. Технологии сравниваются и оцениваются по местным и интегральным критериям. По критерию, считающемуся самым выгодным для пользователя (вложение капитала и эксплуатационные затраты, экологическая безопасность, экономическая выгода, энергопотребление и т.д.), выбирается самый рациональный вариант. Согласно критерию компромиссной выгоды, выбранные варианты сравниваются попарно, и выбирается один оптимальный или же несколько хороших вариантов. Выполняется технологическая карта самого лучшего варианта, которая предоставляется пользователю.

Создается визуальное представление о приемлемости ограничения применения схем замещения технологических объектов. По причине многовариантности и сложности замещения технологических объектов считается целесообразным использование программ электроно-вычислитель-ных машин, обладающих системой управления пакетами информации о нормативно-опросных материалах, основывающихся на иерархии математической модели. Это дает возможность отслеживать весь технологический комплекс и качественно вести учет.

Для сравнительной оценки технологий используются методы Парето-оптимизации [1, 4]. Этот метод основывается на анализе нескольких возможных решений одной и той же задачи (исследование различных вариантов). Для выбора рациональной технологии из нескольких конкурирующих технологий используется метод принятия решения. С помощью программы электоронно-вычислительной машины осуществляется расчет нескольких технологических вариантов и для использования на практике из них выбирается самый рациональный. Для определения с помощью метода Парето-оптимизации эффективности выбранной технологии можно использовать один или несколько критериев одновременно.

Задача многокритериальной оптимизации может решаться обоснованием одного из критериев комплексной эффкективности (E_k). Оно будет состоять из линейной комбинации отдельно каждого из критериев E_j:

$$E_k = \sum_{j=1}^{n} \lambda E_j \to \max, \qquad (3)$$

где n – число учитываемых критериев; λ – весовая характеристика критерия.

У данного способа есть определенные трудности, связанные с нахождением весовой характеристики критерия и приведению критериев оценки к единому размеру. У метода многокритериального анализа оценки технологических вариантов вышеописанных недостатков нет [13]. Этот метод для каждого выпускаемого варианта связан с разделением принятых критериев оптимизации непосредственно на пределы $y_1, y_2, ..., y_n$ и отстранением бесперспективных. Чем больше вводимых критериев, тем больше представление об объекте.

Сравнение между собой любых двух вариантов решения дает возможность определить преимущество критерия оптимизации одного варианта над соответствующими показателями другого варианта. Если будет получен утвердительный ответ, то вариант, обладающий критериями с хорошими показателями, будет признан доминатным.

Заключение. Особенность многокритериальной оптимизации по Парето состоит из предварительной эффективной оценки вариантов, различных по значению критериев. В результате сравнения технологии подвергаются ранжировке по стерпени эффективности. После первой итерации определяется первый оптимальный вариант. Для определения второго по оптимальности варианта (n-1) выполняется попарное сравнение остальных вариантов. Расчет продолжается до тех пор, пока все “n” варианты не подвергнутся ранджировке по степени своей эффективности.

Анализ суммы технологическх процессов утилизации птичьего помета и встречная связь с воздействующими факторами выявляет большое количество априорных неопределенных условий. Многообразие целей и средств решения задач определяет потребность в дополнительной информции, носящей междисциплинарный характер, в особенности в данных об особенности

теорий, освещающих ход биохимических процессов. В связи с этим прогнозирование состояния, изучаемого в данное время объекта, формирует тенденции интеллектуализации процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т.* Выбор вариантов. Основы теории. – М.: Наука, 1990. – 236 с.

2. *Афанасьев А.В.* Повышение эффективности производства удобрений путем оптимизации параметров двухстадийной биоферментации навоза и помета: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2000. – 22 с.

3. *Валге А.М.* Повышение эффективности работы сельскохозяйственной техники путем моделирования стадии процессов на стадии исследования и обработки технологий и машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб.,, 2000. – 44 с.

4. *Валге А.М., Михайленко И.М., Сафина А.Н.* Методические указания по идентификации динамических объектов во временной области (Метод стахастической аппроксимации). – Ленинград; Пушкин: НИПТИМЭСХ ИЗРФ, 1984. – 27 с.

5. *Веденятин Г.В.* Общая методика экспериментальных исследований по обработке данных. – М.: Колос, 1973. – 199 с.

6. *Долгов Ю.А.* Основы математического моделирования: учеб. пособие. – Тирасполь, 2009. – 100 с.

7. *Дубровин А.А.* Технико-экономическое обоснование энергосберегающей системы обогрева в птицеводстве // Птицеводческое хозяйство. Птицефабрика. – 2011. – № 3. – С. 32–38.

8. *Завражнов А.И. Миронов В.В.* Математическое моделирование биотехнологической системы производства органических удобрений. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2012. – 151 с.

9. *Качанова Л.С., Бондаренко А.М.* Технико-экономическое обоснование систем применения удобрений // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 59. – С. 7–14.

10. *Кирилов Е.Н.* Моделирование процессов теплоснабжения зданий для прогнозирования температуры воздуха в помещениях: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2007. – 22 с.

11. Логико-лингвистическое моделирование для решения агроэко-логических проблем / А.В. Трифанов [и др.] // Сборник докладов XXI Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям. – М., 2016. – С. 236–239.

12. *Лохвинская Т.И.* Системный подход в решении задач технологического процесса обеспечения качества продукции // Сантехника, отопление, кондиционирование. – М., 2015. – С. 71–73.

13. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М., 1998. – 219 с.

14. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета РД-АПК 1.10.15,02. 2008. – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293823/4293823250.htm.

15. *Мжельский Б.И., Мжельская Б.Б.* Основы теории оптимизации: учеб. пособие. – М.: МЭИ, 2001. – 80 с.

16. *Попов В.Д., Спесивцев А.В., Сухопаров А.И.* Формализация экспертых знаний в виде логико-лингвистических моделей // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 13. – С. 10–13.

17. *Фомин И.М.* Совершенствование производства картофеля. – Л.: Лениздат, 1987. – 96 с.

18. *Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г.* Математические методы и модели в управлении: учеб. пособие. – М: Дело, 2000. – 440 с.

19. *Podinovski V.V., Ester K.H.* Muticriteria optimatization involing importance ordered criteria // Modern mathematical methods of optimization. – Berlin: Academie Verlag, 1993, P. 254–267.

Гаджиев Ровшан Мустафа оглы, *докторант, Азербайджанский государственный аграрный университет. Республика Азербайджан.*

Мамедов Габил Балакиши оглы, *д-р техн. наук, Азербайджанский государственный аграрный университет. Республика Азербайджан.*

Az 2000, Гянджа, Республика Азербайджан.

Тел.: +994502005082.

Ключевые слова: *птичий помет; утилизация; логическое моделирование; математическое моделирование; многокритериальная оптимизация; динамические системы.*

DEVELOPING THEORETICAL IDEAS ON THE UTILIZATION OF POULTRY DROPPINGS AND ANALYSIS OF APPROACHES IN USED MACHINE TECHNOLOGIES

Hajiyev Rovshan Mustafa oglu, *Doctoral Candidate, Azerbaijan State Agrarian University. Republic of Azerbaidjan.*

Mamedov Gabil Balakishi oglu, *Doctor of Technical Sciences, Azerbaijan State Agrarian University. Republic of Azerbaidjan.*

Keywords: *bird droppings; utilization; logical modeling; mathematical modeling; multi-criteria optimization; dynamic systems.*

An analysis of the projects for the utilization of bird droppings is carried out, a model of a multi-level process of technological design with a choice of an erroneous solution at every step is presented.