

Оценка использования потенциала сельскохозяйственных угодий

В. Д. Попов¹, А. И. Сухопаров²

Институт агроинженерных и экологических проблем
сельскохозяйственного производства

¹popov_vd@mail.ru, ²sukhoparov_ai@mail.ru

В. А. Ружьёв

Санкт-Петербургский государственный аграрный
университет

ruzhev@mail.ru

А. В. Спесивцев

ВКА имени А. Ф. Можайского
sav2050@gmail.com

В. А. Спесивцев

Северо-Западный центр междисциплинарных
исследований проблем продовольственного
обеспечения

v-dragonin@yandex.ru

Аннотация. Проблема производства кормов в виде сложной 4-уровневой иерархической системы позволяет осуществить полноценный учёт всех факторов в их взаимосвязи. Система построена на основе сочетания построения логико-лингвистических моделей на верхних уровнях иерархии и методов статистики при описании простых технологических процессов. Применение данного подхода при оценке ресурсов позволяет определить степень их эффективного использования и выявить факторы, которые препятствуют этому. Расчеты по разработанному подходу показали, что использование потенциала кормовых угодий Ленинградской области составляет всего $Y=0,655$, что указывает на существенные резервы доиспользования потенциала сельскохозяйственных угодий при производстве кормов из трав.

Ключевые слова: логико-лингвистическая модель; потенциал сельскохозяйственных угодий; кормопроизводство; техническое состояние

И. ВВЕДЕНИЕ

В условиях ежегодного увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду решение проблемы обеспечения доступными экологически чистыми продуктами питания растущего населения земного шара должно базироваться на максимальном использовании потенциала земельных, биологических, водных и др. ресурсов.

Возделывание и уборка большинства агрокультур в естественных условиях является сложным и длительным технологическим процессом, на который влияние оказывает множество как управляемых, так и неуправляемых факторов. Поэтому учёт как можно большего количества факторов и их формализованная оценка способствуют рациональному использованию всех имеющихся ресурсов.

Главным ресурсом производства продуктов питания в промышленных масштабах является земля, возделывание которой превращает её в сельскохозяйственные угодья.

Рациональное и бережное использование данного ресурса жизненно необходимо для существования и прогресса человечества.

Целью настоящего исследования является оценка использования потенциала сельскохозяйственных угодий методами математической статистики и формализации экспертных знаний.

II. МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

А. Факторы, характеризующие использование сельскохозяйственных угодий

Во всем мире значительные площади занимают кормовые экосистемы (пастбища и сенокосы, многолетние и зернофуражные культуры на пашне), в частности, в Северо-Западном регионе России на них приходится 9/10 общей площади посевных и сельскохозяйственных угодий, особенностью которых является воспроизводство ресурсоэнергоэкономных всепогодных кормов. Кормопроизводство способствует эффективным севооборотам и увеличению урожайности многих культур, уменьшению негативных процессов эрозии и потери гумуса, повышению плодородия почв. Данные обстоятельства превращают кормопроизводство в самую масштабную и многофункциональную отрасль сельского хозяйства. Одним из главных препятствий для успешного развития конкурентоспособного животноводства в России является неудовлетворительное состояние и использование кормовых угодий и слабая кормовая база [1].

Технологический процесс производства кормов из трав – сложная многоуровневая агросистема [2]. В процессе производства кормов из трав необходимо заготовить их в достаточном объеме при высоком качестве. Для получения рентабельности производства каждого вида корма следует обеспечить полное использование имеющегося потенциала кормовых угодий с учётом анализа всех действующих факторов и принять

наиболее рациональное технико-технологическое решение из существующих альтернатив.

Непосредственно реализация технологического процесса производства кормов происходит в изменяющихся условиях функционирования технологии. Поэтому при изменении даже одного фактора можно существенно не добрать урожай травы (недоиспользовать кормовые угодья), и технология, являющаяся оптимальной

для реализации потенциала кормовых угодий, перестает быть таковой, и следует осуществлять переход на другую технологию на уровне технологической операции (технико-технологического решения). При скашивании трав с кормовых угодий интенсивность кормозаготовительного процесса способствует изменению качественных параметров технологического процесса, что формирует выходные показатели и позволяет оценить

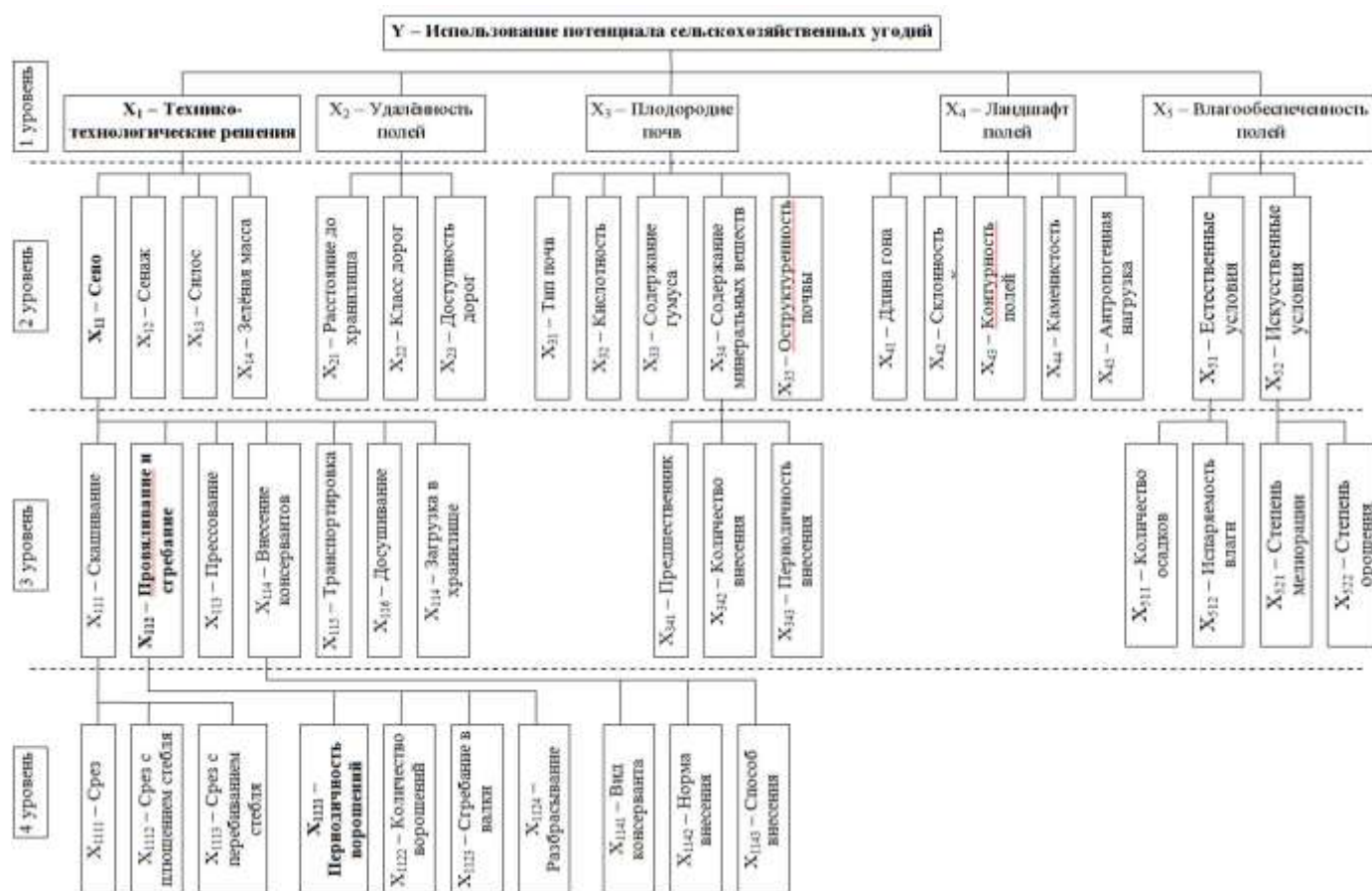


Рис. 1. Структура многокомпонентной четырёхуровневой иерархической модели

величину эффективности использования угодий. Таким образом, использование потенциала сельскохозяйственных угодий при производстве кормов из трав целесообразно представить в виде многокомпонентной четырёхуровневой иерархической структурной модели, представленной на рис. 1.

Факторное пространство уровня 1 структурной модели включает переменные X₁-X₅, наиболее полно характеризующие использование потенциала кормовых угодий. Обобщенный показатель (Y), непосредственно характеризует использование кормовых угодий. Каждый из включенных в факторное пространство сгруппированных показателей уровня 1, в свою очередь, зависит от ряда переменных низшего уровня иерархии 2, которые зависят от переменных уровня 3, а те – от переменных уровня 4. Так, например, X₁ – технико-технологические решения, применяемые при заготовке

кормов из трав, – является некоторой функцией от четырех принимаемых при заготовке технико-технологических решений по видам: сена – X₁₁, сенажа – X₁₂, силоса – X₁₃, зелёной массы – X₁₄. При этом каждая из перечисленных переменных уровня 2, в свою очередь, зависит еще от семи показателей уровня 3, как показано на рис. 1, и т.д. до показателей уровня иерархии 4.

Для верхних уровней системы свойственно в процессе ее функционирования множество информационных потоков различного назначения с разными уровнями дискретности, достоверности, точности и других метрологических характеристик, что затрудняет описание и количественную оценку использования потенциала сельскохозяйственных угодий по выращиванию трав. Наиболее целесообразным методом, позволяющим учесть многообразие факторов, является метод извлечения и

формализации неявных экспертных знаний в виде логико-лингвистической модели [3].

Определение переменных на более нижних уровнях (уровни иерархии 2-4) осуществляется на базе моделей, полученных методами математической статистики. Практическая оценка использования потенциала кормовых угодий осуществляется расчетами от низшего уровня к верхнему.

В. Построение логико-лингвистической модели

Факторное пространство уровня иерархии 1, приведенное на рис. 1, было признано экспертами как системно описывающее Y – оценку использования потенциала кормовых угодий и использовано для построения логико-лингвистической модели [3, 4].

На рис. 2 Y представлен в виде лингвистической переменной.

Опросная матрица (табл. 1) реализует в данном случае полный факторный эксперимент типа 2^5 , где 5 – количество критериев, составляющих факторное пространство. Фрагмент матрицы с вербальными оценками эксперта $Y_{эв}$, их числовой мерой $Y_э$ по рис. 2 и расчетными по модели значениями Y приведен в табл. 1.

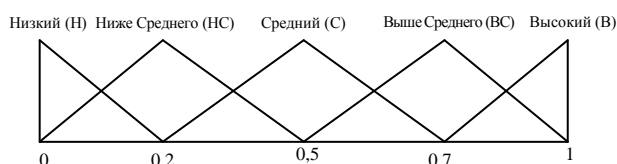


Рис. 2. Y как обобщенный показатель использования потенциала кормовых угодий

Согласно методике [2] экспертом заполняется опросная матрица (табл. 2) по методу теории планирования эксперимента и строится полиномиальная модель (4).

ТАБЛИЦА 1
ФРАГМЕНТ ОПРОСНОЙ МАТРИЦЫ С ОЦЕНКАМИ
ЭКСПЕРТА И РАСЧЕТНЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ПО МОДЕЛИ

| | Технико-технологические решения | Удаленность полей от хранилищ | Плодородие почвы | Ландшафт полей | Влагообеспеченность полей | Вербальный показатель обобщенного критерия | Обобщенный критерий | |
|-----|---------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|---------------------------|--|---------------------|-------|
| | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | $Y_{эв}$ | $Y_э$ | Y |
| 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | Н | 0 | -0,01 |
| 2 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | В-НС | 0,37 | 0,41 |
| 3 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | НС | 0,25 | 0,31 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 30 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | ВС | 0,75 | 0,77 |
| 31 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Н-ВС | 0,62 | 0,66 |
| 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | В | 1 | 0,99 |

Проведенные расчеты по данным табл. 1 позволили получить полиномиальную модель совокупного воздействия показателей на формирование показателя интенсивности использования потенциала кормовых угодий в следующем виде (1):

$$Y = 0,555 + 0,109\delta_1 + 0,039\delta_2 + 0,117\delta_3 + 0,023\delta_4 + 0,078\delta_5 - 0,023X_{15} - 0,023\delta_{23} - 0,015\delta_{35} + 0,015\delta_{123} + 0,023\delta_{125} + 0,015X_{134} + 0,023\delta_{135} + 0,023\delta_{234} + 0,031\delta_{235} \quad (1)$$

Анализ модели позволяет сделать вывод, что наиболее весомым показателями при оценке использования потенциала кормовых угодий являются показатели плодородия почвы (X_3), технико-технологический (X_1) и влагообеспеченности полей (X_5). Меньшую весомость имеют показатель удаленности полей от хранилищ и показатель, характеризующий ландшафт полей, а так же совокупное воздействие рассматриваемых критериев.

Таким образом, на основании экспертных оценок показателей факторного пространства в хозяйствах по логико-лингвистической модели (1) можно рассчитать обобщенный показатель и по его величине судить об использовании потенциала кормовых угодий в различных хозяйствах или районах Северо-Западного региона России.

С. Расчёт показателей низшего уровня

Расчёт показателей низшего уровня при оценке использования потенциала кормовых угодий осуществляется по зависимостям, полученным в результате обработки экспериментальных данных методами математической статистики.

Осуществим расчёт показателей низшего уровня на примере показателя технико-технологических решений (X_1). Показатели 2 уровня (X_{11} - X_{14}), сгруппированные в обобщенный показатель технико-технологических решений (X_1), характеризуют эффективность принимаемых технико-технологических решений при заготовке отдельного вида корма: сена (X_{11}), сенажа (X_{12}), силоса (X_{13}) и зелёной массы (X_{14}) и выражается через показатель энергетической эффективности. Обобщенный показатель эффективности принимаемых решений рассчитывают по выражению (2):

$$\bar{O}_1 = \frac{\bar{O}_{11} + \bar{O}_{12} + \bar{O}_{13} + \bar{O}_{14}}{4} \quad (2)$$

Показатели 3 уровня, формирующие показатели 2 уровня характеризуют эффективность решений на уровне технологической операции. Расчёт эффективности технико-технологических решений осуществляется на примере заготовки сена, и к учёту принимается следующее факторное пространство 3 уровня иерархии (X_{111} - X_{117}). Здесь уже осуществляется расчёт принятого физического выходного показателя. В нашем случае, как было уже отмечено, является коэффициент энергетической эффективности (R), который представляет отношение чистого дохода с урожаем энергии (E_U) к энергетическим затратам (E) [5, 6]:

$$R = \frac{\dot{A}_U}{\sum \dot{A}}. \quad (3)$$

Определение составляющих энергоёмкости процесса осуществляется в следующей последовательности [7]: расчет накопленной в урожае энергии E_U ; сумма прямых затрат энергии выраженные: расходом топлива; использования основных средств производства; оборотных средств; трудовых ресурсов; производственных помещений.

Оценка энергии, накопленной в хозяйственно-ценной части урожая, определяется по формуле:

$$\dot{A}_U = U \cdot \varepsilon \cdot \hat{Y}, \quad \text{МДж/га}, \quad (4)$$

где U – хозяйственно-ценная часть урожая (зелёной массы травы), кг/га;

ε – коэффициент перевода единицы полученной продукции в сухое вещество;

\hat{Y} – содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества корма, МДж.

С энергетической точки зрения технология считается эффективной, если при планируемом уровне урожайности сельскохозяйственной культуры P обеспечивается условие:

$$\ddot{I} \geq \sum \dot{A}_i \quad R \geq 1. \quad (5)$$

Полные энергозатраты на выполнение технологического процесса на единицу площади определяются по формуле:

$$\dot{A} = \dot{A}_{\tilde{A}} + \dot{A}_{\tilde{O}} + \dot{A}_{\tilde{m}} + \dot{A}_{\tilde{\delta}} + \dot{A}_{\tilde{e}}, \quad (6)$$

где $\dot{A}_{\tilde{A}}$ – прямые затраты энергии, выраженные расходом топлива, МДж/га;

$\dot{A}_{\tilde{O}}$ – энергоёмкость технических средств, МДж/га;

E_{oc} – затраты совокупной энергии от использования оборотных средств, связанных с выращиванием трав (семена, фунгициды, гербициды и т.д.), МДж/га;

E_p – энергетические затраты живого труда, МДж/га;

$\dot{A}_{\tilde{e}}$ – косвенные энергетические затраты связанные с выращиванием трав, МДж/га.

Показатели 4 уровня характеризуют эффективность влияния отдельных элементарных воздействий на объект. В нашем случае рассмотрим на примере выполнения операций проявляния и сгребания (X_{112}), где к рассмотрению будут приниматься показатели факторного пространства $X_{1121}-X_{1124}$. На данном уровне будет изменяться значение расхода применяемыми кормозаготовительными техническими средствами

топлива (E_f) и их энергоёмкости (E_m) и в виду различных их конструктивных особенностей.

Кроме того, различный характер воздействия на обрабатываемый объект в рамках одной технологической операции существенно сказывается на качественных показателях корма, что выражается в изменении содержания обменной энергии в заготавливаемом корме (ОЭ). Так, в частности, при сушке злаковых трав, скошенных в валок в фазу начала колошения, получены следующие закономерности изменения содержания обменной энергии в корме зависимости от времени (t) и периодичности ворошения (2 часа, 4 часа, 6 часов):

$$\hat{Y}_{1121}^2 = -0,016t + 9,3;$$

$$\hat{Y}_{1121}^4 = -0,013t + 9,3; \quad (7)$$

$$\hat{Y}_{1121}^6 = -0,011t + 9,3.$$

D. Оценка использования потенциала сельскохозяйственных угодий при заготовке кормов из трав

Оценка использования потенциала сельскохозяйственных угодий при заготовке кормов из трав начинается с нижнего уровня к верхнему. Ввиду большого количества учёта факторов, объёмных математических вычислений оценку эффективности использования потенциала осуществлять с применением информационных технологий.

Рассмотрим пример для оценки эффективности использования угодий типового хозяйства Ленинградской области. Зададимся следующими условиями (выделим), свойственными для 1 уровня, характеризующими использование потенциала кормовых угодий. Производится заготовка сена при относительно средней удалённости поля площадью 200 га от сенохранилища с урожайностью зелёной массы 15 т/га и выше среднего значением, характеризующим ландшафт поля, а так же показателем наименьшей влагонасыщенности поля $HV=0,7$. На половине площади поля заготавливается сено, на оставшейся площади – сено.

Для оценки использования потенциала на нижних уровнях, разработанной структурной модели, интерес будут представлять параметры, сопутствующие оценке использования потенциала кормовых угодий, заданные в следующем содержании – сено заготавливается из злаковых трав в фазу начало колошения в естественных полевых условиях при хорошей погоде, скашивание производится дисковыми косилками в валок интенсивность ворошения через 4 часа, внесение консервантов не осуществляется при прессовании высушенной массы в рулоны, транспортировка осуществляется тракторами.

Расчёт показателей 3 и 4 уровня в нашем случае осуществляется по выражениям (3)-(7), показателей 2 уровня – по выражению (2). Оценка использования потенциал сельскохозяйственных угодий по

полиномиальному метауравнению (1). Как показали результаты расчётов в целом по данной системе показатель эффективности использования потенциала кормовых угодий в хозяйстве составляет $Y=0,655$, т.е. примерно 1/3 потенциала не используется, что выражается в увеличении сроков уборки и потере энергетической ценности заготавливаемых кормов. Основным резервом в повышении эффективности использования потенциала кормовых угодий является применение интенсивных технологий и рациональное использование технических средств при заготовке кормов из трав, а так же повышении транспортной доступности к кормовым угодьям или же размещением хранилищ кормов непосредственно вблизи угодий.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрение проблемы производства кормов в виде сложной многоуровневой иерархической системы позволяет осуществить полноценный учёт факторов во взаимосвязи. Применение данного подхода при оценке ресурсов позволяет определить степень их эффективного использования и выявить факторы, которые препятствуют этому. На основании такого подхода осуществлять планирование работ по выращиванию сельскохозяйственных культур, что позволит в целом повысить рентабельность сельскохозяйственных предприятий.

Проведённые исследования на примере оценки использования сельскохозяйственных угодий при производстве кормов из трав демонстрируют применение метода формализации экспертных знаний при построении эффективных моделей для анализа сложных процессов.

Применение же моделей, полученных методами статистического анализа, которые служат для описания простых технологических процессов, позволяют произвести количественную оценку в натуральных физических величинах. Поэтапное рассмотрение технологического процесса с большим количеством факторов позволяет адаптировать выходные показатели, применяемые при оценке простых технологических процессов, к использованию их при анализе сложных технологических систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кормопроизводство – стратегическое направление в обеспечении продовольственной безопасности России. Теория и практика. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 200с.
 - [2] Попов В.Д., Сухопаров А.И. Информационная и структурная модели управления технологиями в растениеводстве // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. №3. С. 7-8.
 - [3] Спесивцев А.В. Управление рисками чрезвычайных ситуаций на основе формализации экспертной информации. / Под ред. проф. В.С. Артамонова. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. 238 с.
 - [4] Попов В.Д., Спесивцев А.В., Сухопаров А.И. Формализация экспертных знаний в виде логико-лингвистических моделей // Вестник РАСХН. 2014. №3. С. 10-13.
 - [5] Воронкова Е. А. Энергопотребление предприятиями агропромышленного комплекса / Е.А. Воронкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. № 2. С. 216-219.
 - [6] Новиков Ю.Ф., Базаров Е.И., Рабштына Б.М. и др. Биоэнергетическая оценка сельскохозяйственных технологий и пути экономии энергии. Методические рекомендации. М., 1983. 34 с.
- Методика топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства. М.: ВИМ, 2012. 84 с.