

УДК 004.942

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**Арванова С.М., Мешева Л.А., Ксенофонтов А.С., Шаваев И.Я.**

*ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,  
Нальчик, e-mail: sani\_07@mail.ru*

Настоящая статья посвящена созданию модели имитации производства сельскохозяйственной продукции, включающей: моделирование процесса выращивания сельскохозяйственной культуры, экономические процессы сопровождения сельскохозяйственного производства, систему управления сценарными условиями, включающую региональные погодные условия и цены на рынках, средства планирования проведения модельных экспериментов и обработки результатов расчетов. Для решения этой проблемы использована информационно-вычислительная система, включающая комплексную математическую модель экономического сопровождения производства сельскохозяйственной продукции, компьютерную модель ее реализации, базу данных информационного природно-климатического и экономического сопровождения, обширный графический интерфейс представления результатов численных экспериментов, аналитический модуль оптимизации результатов расчетов, модуль планирования численных экспериментов, удобный, интуитивно понятный интерфейс пользователя. Моделирование производства видов сельскохозяйственной продукции разрешает вопросы, важные для укрепления экономической независимости участников производства на региональном уровне.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, графический интерфейс, аналитический модуль, оптимизация

## SIMULATION MODELLING OF THE OF PRODUCTION OF TYPES OF AGRICULTURAL PRODUCTION

**Arvanova S.M., Mesheva L.A., Ksenofontov A.S., Shavaev I.Ya.**

*Federal State Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State University  
named after Berbekov», Nalchik, e-mail: sani\_07@mail.ru*

The present article is devoted creation of model of imitation of production of the agricultural production including: modeling of process of cultivation of a crop, economic processes of maintenance of agricultural production, a control system of scenario conditions, including regional weather conditions and the prices in the markets, means of planning of carrying out model experiments and processing of results of calculations. For the solution of this problem the information system including complex mathematical model economic to maintenance of production of agricultural production, computer model of her realization, the database of information climatic and economic maintenance, the extensive graphic interface of representation of results of numerical experiments, the analytical module of optimization of results of calculations, the module of planning of numerical experiments, convenient intuitively clear interface users is used. Simulation of manufacturing agricultural products, resolve issues important for strengthening the economic independence of participants in the proceedings at the regional level.

**Keywords:** simulation modeling, graphical interface, analytical module, optimization

Целью работы является создание модели имитации производства сельскохозяйственной продукции, включающей:

- моделирование процесса выращивания сельскохозяйственной культуры,
- экономические процессы сопровождения сельскохозяйственного производства,
- систему управления сценарными условиями, включающую региональные погодные условия и цены на рынках;
- средства планирования проведения модельных экспериментов и обработки результатов расчетов.

Модель предназначена для проведения имитационных экспериментов с целью нахождения наилучшей тактики и стратегии ведения бизнеса в среднесрочной перспективе на период в несколько лет [1].

Составление прогнозов развития производства сельскохозяйственной продукции ставит перед собой актуальную задачу, как

на местном, так и для региональном и федеральном уровнях. Сейчас не существует общепризнанных методов, которые позволяли бы спрогнозировать производство сельскохозяйственной продукции на перспективу. Также экономический аспект играет очень важную роль, так как укрепления экономической независимости участников производства на региональном уровне выражает вероятностный образ экономических процессов.

Для решения этой проблемы будет использована информационно-вычислительная система, включающая комплексную математическую модель экономического сопровождения производства сельскохозяйственной продукции, компьютерную модель ее реализации, базу данных информационного природно-климатического и экономического сопровождения, обширный графический интерфейс представления

результатов численных экспериментов, аналитический модуль оптимизации результатов расчетов, модуль планирования численных экспериментов, удобный, интуитивно понятный интерфейс пользователя.

В основе такого подхода лежит метод имитационного моделирования [2]. Имитационное моделирование – процесс построения модели сложной системы и проведения серий экспериментов с этой моделью, направленных либо на понимание специфики функционирования системы, либо на выработку стратегии управления, удовлетворяющей выбранным критериям.

Поскольку проведение экспериментов на реальных системах – дорогостоящее занятие, занимающее продолжительный отрезок времени, имитационное моделирование – это эффективный способ исследования и управления сложных объектов реального мира, поведение которого невозможно предсказать с необходимой степенью детальности на основе учета обозримого набора ключевых параметров.

Применение имитационного моделирования финансовой деятельности производства сельскохозяйственной продукции предоставляет экспериментатору ряд преимуществ: позволяет учесть риски, связанные с климатическими условиями и рыночной неустойчивостью; возможность анализировать различные сценарии деятельности; позволяет рассмотреть и оценить самые разные результаты моделирования.

Этапы разработки модели производства сельскохозяйственной продукции предполагают деление входной информации на следующие группы [3]:

- производственные расходы (трудовые, на образование страхового фонда, на корма, на материальные затраты в расчете на единицу произведенной сельскохозяйственной продукции);
- результаты переменных (данные урожайности сельскохозяйственных культур);
- земельные ресурсы, объемы в соответствии с производством, использованием и реализацией сельскохозяйственной продукции.

Степень развития производственного,  $n$ -ресурсного потенциалов для каждой сельскохозяйственной организации определяется совокупностью переменных. Единицами измерения переменных в модели являются не только натуральные показатели (гектары, центнеры), но и стоимостные показатели.

Также при построении модели учитывается, что функционирующие в административных границах сельскохозяйственные организации имеют заданные почвенно-климатические условия и, соответственно,

для них должны быть определены равные экономические обстоятельства. Также нужно обратить внимание на то, что построение для отдельной сельскохозяйственной организации моделей производства присуще альтернативность развития при одинаковом начальном объеме вовлеченных ресурсов.

Разработанная модель оптимизации позволяет свести до возможного минимума недостаток ресурсов, имеющийся в сельскохозяйственных организациях, главным образом за счет рационального использования трудовых, земельных, финансовых, технических и других  $n$ -ресурсов и удобрений.

Также в итоге получаемая модель позволяет обнаружить наиболее оптимальные величины производства различных видов сельскохозяйственной продукции и их комбинацию между собой.

Тактовое время модели  $\tau$  – одна декада. Общая длительность имитационного эксперимента 10 лет  $T = 360\tau$ .

Год разбивается на два временных интервала. Первый интервал – осень, зима, ранняя весна. В течение этого интервала может происходить хозяйственная деятельность, а именно: строительство складов, цехов по переработке продукции, закупка удобрений, семян и т.п., а также продажа урожая (первичной продукции), продукции переработки, получение кредитов и возврат их с процентами. Второй интервал – поздняя весна, лето и ранняя осень. В течение этого интервала помимо деятельности, которая происходит в первом интервале, происходит выращивание и сбор урожая, проведение агротехнических мероприятий. Длительность первого интервала 8 месяцев 24 $\tau$  декад, а второго 12 $\tau$  декад.

Будут описываться три блока процесса производства сельскохозяйственной продукции (рис. 1).

Финансовый блок:

$$K(t + \tau) = K(t) + (In(t) - Out(t))\tau,$$

где  $K(t)$  – деньги на счету в момент  $t$ ;  $In(t)$  – поступления на счет;  $Out(t)$  – списание со счета за интервал времени  $[t, t + \tau]$ .

Замечание. Модельный интервал  $\tau = 1$

*Поступления на счет  $In(t)$  включают в себя*

$$In(t) = \mu(t)p_{\mu}(t) + \sigma(t)p_{\sigma}(t) + k(t),$$

где  $\mu(t)p_{\mu}(t)$  – продажа урожая ( $\mu(t)$  – количество проданного за текущий интервал времени, а  $p_{\mu}(t)$  – текущая цена);  $\sigma(t)p_{\sigma}(t)$  – продажа переработанной продукции ( $\sigma(t)$  – количество проданного за текущий интервал времени, а  $p_{\sigma}(t)$  – текущая цена);  $k(t)$  – заемные и другие средства, например субсидии средства от продажи акций.



Рис. 1. Структура модели

Списание со счета  $Out(t)$  включают в себя

$$Out(t) = a(t)p_a(t) + b(t)p_b(t) + (\overline{\alpha p_\alpha(t)}) + d(t),$$

где  $a(t)p_a(t)$  – затраты на хранение урожая, где  $a(t)$  – количество хранимого урожая,  $p_a(t)$  – стоимость хранения;  $b(t)p_b(t)$  – затраты на хранение переработанной продукции, где  $b(t)$  – количество переработанной продукции,  $p_b(t)$  – стоимость хранения;  $(\overline{\alpha p_\alpha(t)})$  – затраты на текущие агрохимические управления, где  $\overline{\alpha}$  – это вектор, компонентами которого являются количества купленных удобрений, средств защиты растений, семян, а  $p_\alpha(t)$  – стоимости единицы удобрений, семян и т.п. с учетом издержек хранения;  $d(t)$  – текущие выплаты по кредитам

Замечание:

Возможно, надо также учесть управление собственными финансовыми средствами – депозиты, покупка финансовых инструментов (валюта, ценные бумаги).

Производственные балансы (производственная деятельность)

$$a(t + \tau) = a(t) + (m(t) - \mu(t) - l_a(t) - \delta(t))\tau,$$

где  $a(t)$  – количество первичной продукции;  $m(t)$  – собранный за период урожай;  $\mu(t)$  – проданный за период урожай;  $l_a(t)$  – текущие потери урожая;  $\delta(t)$  – количество первичной продукции, отправленное на переработку

$$b(t + \tau) = b(t) + (F(\delta_t) - l_b(t))\tau,$$

где  $b(t)$  – количество переработанной продукции;  $l_b(t)$  – потери переработанной продукции;  $F(\delta_t)$  – производственная функция переработки первичной продукции, которая зависит от потока первичной продукции  $\delta_t$ , а также от имеющихся мощностей.

#### Сельскохозяйственное производство

Основным процессом, описываемым в данном блоке, является производственный процесс. Продукция сельскохозяйствен-

ной культуры зависит от большого количества факторов – погоды, агрохимии, плодородия почвы и т.п.

Существуют различные модельные подходы для описания производственного процесса с учетом различной степени детализации [4]. Обычно записывается система дифференциальных уравнений, одной из фазовых переменных является количество сухого вещества, которое можно интерпретировать как урожай. Авторы считают, что на первоначальном этапе можно отказаться от динамического описания, а использовать параметрическое описание производственного процесса.

На наш взгляд, считаем целесообразным предположить следующее уравнение роста сухого вещества (биомассы)

$$\frac{dm}{dt} = \gamma m \left(1 - \frac{m}{B}\right) e^{-Dt}.$$

Это уравнение (уравнение Чантера) является модифицированным уравнением Ферхюльста, где  $\gamma$  – скорость роста;  $B$  – экологическая емкость среды (плодородие почвы), а член  $e^{-Dt}$  интерпретируется как старение. Это уравнение может быть проинтегрировано. Решение имеет вид

$$m(t) = \frac{m_0 B}{m_0 + (B - m_0) \exp\left(-\frac{\gamma(1 - e^{-Dt})}{D}\right)},$$

где  $m_0$  – начальное значение, которое можно считать количеством внесенных семян. Предельное значение, как легко видеть, при  $t \rightarrow \infty$  равно

$$m_f = \frac{m_0 B}{m_0 + (B - m_0) \exp\left(-\frac{\gamma}{D}\right)}.$$

Таким образом, рассматриваем следующие агрохимические управления:

- 1) внесение удобрений ( $x$ );
- 2) борьба с вредителями ( $y$ ).

Можно считать, что эти воздействия являются компонентами вектора  $\vec{\alpha}$ . Первое воздействие изменяет  $B$ , а второе влияет на значение  $\gamma$ . При этом изменение значений происходит не мгновенно, а с задержками.

Что касается процентных ставок, то они определяются состоянием рынка, и в модели будут рассмотрены их возможные варианты.

Данная модель позволяет рассчитать расходы на производство сельскохозяйственной продукции, а также улучшить финансовый результат, модель в форме декомпозиции основных уровней (задач) представлена на рис. 2.

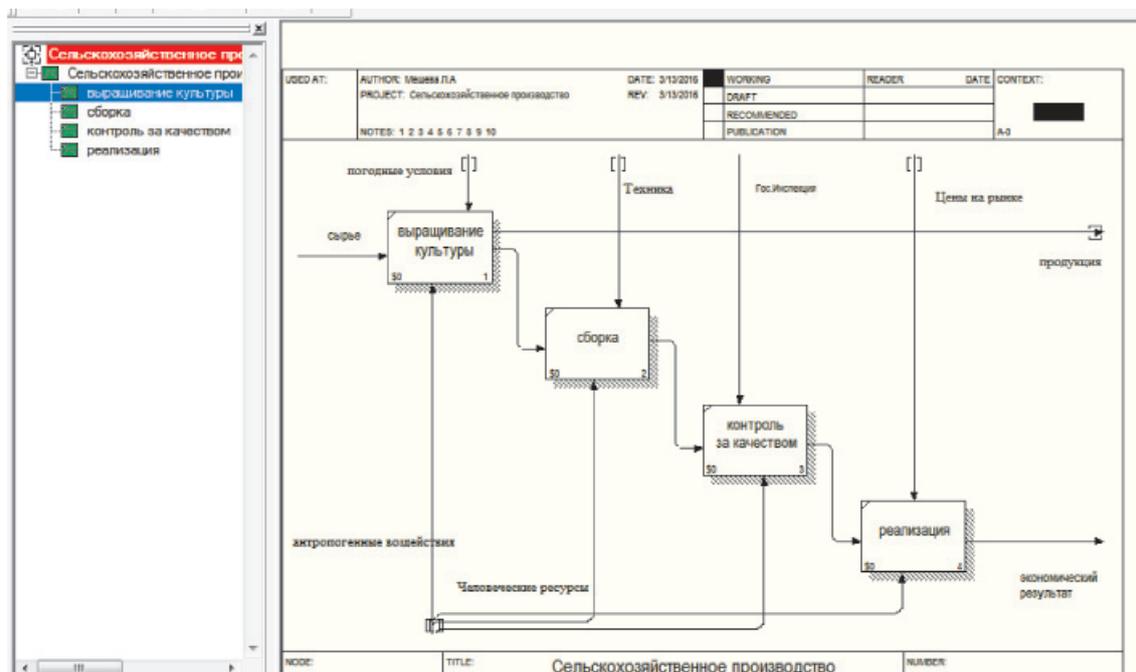


Рис. 2. Диаграмма декомпозиция

Погодные условия – температура ( $T$ ) и осадки ( $W$ ) – задаются сценарно по декадам и также изменяют значения  $B$  и  $\gamma$ .

### Сценарный блок

Компоненты этого блока уже затрагивались в сельскохозяйственном и финансовом блоках. Речь идет о процентной ставке кредита и ставке депозита, цены на изготавливаемую нами продукцию, погодные условия.

В первом приближении предполагается, что биомасса культуры полностью реализуется. Период выращивания культуры: май – сентябрь.

Все цены, погодные условия, ставки процента задаются в виде массивов чисел, возможно со случайными аддитивными добавками.

Погодные условия обобщенно отражает коэффициент продуктивности за весь период вегетации.

Также применение результатов моделирования поможет проанализировать и выявить наиболее приоритетные перспективы сельскохозяйственной деятельности, на которых нужно делать акцент с учетом имеющихся климатических условий [5].

### Список литературы

1. Ерешко Ф.И. Системный анализ в Ставропольском проекте ведения сельского хозяйства // Вестн. с.-х. науки. – 1984. – № 1. – С. 40–49.
2. Ерешко Ф.И., Котельников В.А. Система поддержки принятия решений в Информационно-Посреднической Фирме. – М.: ВЦ РАН, 1997. – 2 п.л.
3. Ерешко Ф.И., Котельников В.А. Процедуры согласования интересов в проекте плодоовощного снабжения мегаполиса. – М.: ВЦ РАН, 1997. – 2 п.л.
4. Реформа плодоовощного комплекса г. Москвы / под ред. Ю.Н. Иванова. – М., 1991.
5. Франс Дж., Торнли Дж.Х. Математические модели в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.