ВИАПИ им. А.А.Никонова
филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ

Разработка экономико-математической модели оптимального плана посева полевых культур

с учётом влияния на урожайность со стороны истории полей, использования семян высоких репродукций и внесения удобрений

Н.М. Светлов
ВИАПИ имени А.А. Никонова – филиала ФНЦ ВНИИЭСХ

Семинар проводится в целях популяризации результатов научного проекта в рамках Соглашения от 10 декабря 2019 г. № 075-15-2019-1939. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI60719X0302)

Речь пойдёт об оперативном планировании посевов

Горизонт планирования — в пределах одного сезона

План

1. Краткая история проблемы
2. Отличия предлагаемой модели от аналогов
3. Технология и прикладные аспекты применения модели
4. Перспективы, связанные с моделью

1. Краткая история проблемы

- Осознание возможности планирования посевов с использованием линейного программирования (ЛП)
  - Hildreth & Reiter (1951), Bowlen & Heady (1955), **Orazem (1957)**
- Осознание невозможности перестройки оперативного планирования сельского хозяйства (в т.ч. полеводства) на базе ЛП
  - Ranney (1965)
    - Составление всех необходимых ограничений было дорогим удовольствием
    - Неточность данных «убивала» эффект оптимизации
    - Задача не вполне вписывается в ЛП
- Стратегический менеджмент посевных площадей
  - McCuen et al. (1978), Torres et al. (2012)
- Аналитические приложения моделей посевных площадей
  - в том числе нелинейных
  - Wang & Sparling (1995), Konyar & Howitt (2000), Mérel & Howitt (2014), Withey & van Kooten (2014), Ashraf et al. (2016), **Wright et al. (2018)**
- Формирование предпосылок возвращения к оперативному планированию на базе математического программирования

2. Отличия модели от аналогов

1. Ориентация на применение как в целях экономического анализа, так и для краткосрочного планирования
2. Выход за рамки парадигмы севооборота
3. Ориентация на решение в любой момент сезона
4. Стохастическая двухэтапная постановка с использованием ЭР-архитектуры
5. Учёт влияния предшественника на урожайность
6. Нелинейная зависимость урожайности от внесения удобрений и от качества посевного материала
7. Наличие баланса оборотных средств

3а. Технология применения модели

1. Исходные данные поступают в КИС
   - Бухгалтерский аналитический учёт
   - Интерфейс к федеральным и региональным базам статистических данных
   - Системы геоинформационного мониторинга
   - Датчики
2. Исходные данные выгружаются из КИС в формате CSV (в перспективе — в XML)
3. Препроцессор рассчитывает параметры модели на основе выгруженных исходных данных
4. Запускается процедура решения модели
5. Обработка результатов
   - Анализ: программное обеспечение модели формирует выходные аналитические таблицы
   - Планирование: переменные модели (площади полей, расход удобрений) загружаются в КИС в качестве варианта оперативного плана
6. Подготовка и принятие управленческого решения

3б. Прикладные аспекты применения модели

- Модель позволяет:
  - учитывать требования существующего севооборота
    - через ограничения на посевные площади культур в целом и по отдельным полям
    - в этом случае факторами планирования являются выбор сортов, доз удобрений и качества семян
  - принимать обоснованные решения об отклонении от севооборота
    - из-за изменений в конъюнктуре рынка
    - в связи с видами на урожай
    - в связи с осложнённым финансовым положением
    - в связи с планируемым изменением севооборота или землепользования
  - отказаться от севооборота
    - на каждый год составляется новый план исходя из фактического использования полей в прошлом году
    - предусматриваются ограничения по минимальным площадям хороших предшественников

3б. Прикладные аспекты применения модели

- Модель позволяет:
  - учитывать случайные условия, фактически наблюдавшиеся в предшествующие годы
    - рекомендуется учитывать пять-семь предшествующих лет
  - дополнять случайные условия предшествующих лет сценарными вариантами случайных условий
    - как правило, пессимистическими
  - получать решение для сценарного набора случайных условий



3б. Прикладные аспекты применения модели

- Возможно календарное планирование использования сельхозтехники
  - Альтернатива: построение балансов машино-часов только для наиболее напряжённого периода
    - Решение может оказаться менее точным
- План заготовки кормов рассчитывается экзогенно
    - Вводится в модель как задание по минимально необходимому объёму производства кормовых культур
    - Возможна интеграция с МП-моделями оптимального оборота стада



3б. Прикладные аспекты применения модели

- Модель не гарантирует размещение одной культуры на одном поле
  - ситуация исправляется многократным решением с введением вспомогательных ограничений, выводящих из плана мелкие делянки
    - применительно к исходной постановке задачи решение модели оказывается субоптимальным
  - пока неясно, насколько трудоёмкой и времяёмкой будет эта процедура
    - по мере накопления опыта эксплуатации модели предстоит подготовка методических указаний по наиболее эффективной процедуре введения вспомогательных ограничений



4. Перспективы, связанные с моделью

- Условие «одно поле — одна культура»
  - Вариант 1. Поиск «удобных» частных случаев
    - Для которых найдётся эффективный алгоритм поиска оптимального или «достаточно хорошего» субоптимального решения
  - Вариант 2. Решение задачи на квантовом компьютере
    - Эффективный алгоритм решения задачи на квантовом компьютере теоретически возможен
    - Квантовых компьютеров с нужными характеристиками (порядка сотен кубит) пока не существует
    - Программное обеспечение для решения смешанных непрерывно-дискретных задач поиска экстремума для квантовых (или гибридных квантово-цифровых) компьютеров ещё предстоит разработать
    - Перспектива на 20-30 лет



4. Перспективы, связанные с моделью

- Оперативное использование в модели данных, поступающих с датчиков и систем геоинформационного мониторинга
  - На проектном уровне возможность предусмотрена
    - Дешёвый способ
      - Корректировка массива параметров влияния предшественников на урожайность в зависимости от поступающих данных
    - Дорогой и более точный способ
      - Дополнение функций зависимости урожайности от внесения удобрений и от качества семян переменными, снимаемыми с датчиков и СГИМ
  - На информационно-технологическом уровне требуются соответствующие разработки
      - Аппаратное обеспечение (интерфейсы)
      - Программное обеспечение



4. Перспективы, связанные с моделью

- Гарантия наличия в оптимальном плане хороших предшественников для будущих посевов
  - У нас есть решение этой проблемы
  - Оно пока не реализовано в программном коде модели
- Делать его достоянием публики преждевременно
  - Предварительно требуется:
    - » осмыслить опыт эксплуатации предлагаемого варианта модели
    - » найти формы применения будущей разработки на началах взаимной выгоды



Резюме

- Облик современной МП-модели планирования посевных площадей на один сезон коренным образом изменился
- Большинство известных препятствий систематическому использованию МП-модели в контуре оперативного управления посевными площадями *в принципе* преодолены
- Опыт эксплуатации покажет, насколько жизнеспособны предложенные решения и насколько серьёзны те препятствия, которые ранее не выявлялись
  - Реально работающий продукт НИР можно создать лишь в партнёрстве с его конечными бенефициарами



Резюме

- Облик современной МП-модели планирования посевных площадей на один сезон коренным образом изменился
- Большинство известных препятствий систематическому использованию МП-модели в контуре оперативного управления посевными площадями *в принципе* преодолены
- Опыт эксплуатации покажет, насколько жизнеспособны предложенные решения и насколько серьёзны те препятствия, которые ранее не выявлялись
  - Реально работающий продукт НИР можно создать лишь в партнёрстве с его конечными бенефициарами

Спасибо за внимание!