

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Б1.В.01.01 Моделирование цифровых двойников в растениеводстве

Направление подготовки: 35.04.04 Агрономия

Профиль подготовки: Цифровые двойники в агробиотехнологиях

Квалификация (степень): магистр

Форма обучения: очная, очно-заочная

Институт: агробиотехнологий и технических систем

Кафедра: агротехнологий, хранения и переработки с/х продукции

| | очная форма | очно- заочная форма | заочная форма |
|---|------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Курс | 1 | 2 | - |
| Семестр/триместр | 1 | 3 | - |
| Лекции | 18 | 8 | - |
| Лабораторные занятия | - | | - |
| Практические (семинарские) занятия | 18 | 4 | - |
| Консультации | - | | - |
| Форма(ы) промежуточной аттестации | Экзамен | Экзамен | - |
| Контроль | 9 | | - |
| Иные формы работы | - | | - |
| Самостоятельная работа | 135 | 90 | - |

Всего часов: 180

Трудоемкость: 5 зачетные единицы

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат с.-х. наук, доцент Кравченко В.А.

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины:

Цель: Формирование у магистрантов системных теоретических знаний и практических навыков по созданию, верификации и применению цифровых двойников агроэкосистем и технологических процессов в растениеводстве для оптимизации принятия управленческих решений.

Задачами дисциплины являются:

- Изучить теоретические основы концепции цифровых двойников, их архитектуру и жизненный цикл.
 - Освоить методы и источники сбора данных для цифровых двойников (ДЗЗ, IoT-сенсоры, метеоданные, почвенная и фитосанитарная съемка).
 - Сформировать навыки работы с платформами и программными комплексами для моделирования агроэкосистем (APSIM, DSSAT, AquaCrop и др.).
- Научить методам математического и имитационного моделирования роста и развития сельскохозяйственных культур.
Рассмотреть практические кейсы применения цифровых двойников для прогнозирования урожайности, управления производственным процессом, оптимизации ресурсопотребления (воды, удобрений, СЗР).

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла (Блок 1). Для успешного освоения дисциплины необходимы знания и компетенции, полученные при изучении следующих дисциплин:

Базовая часть: Информационные технологии в агрономии, Агрометеорология, Земледелие, Растениеводство.

Вариативная часть: Точное земледелие, Геоинформационные системы (ГИС), Основы программирования и data science.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

| | |
|--|--|
| ПКС-1 Готовность самостоятельно организовывать и проводить научные исследования с использованием современных методов анализа почвенных и растительных образцов. | Знает: <ul style="list-style-type: none">- современные информационные технологии, с целью их использования в практической деятельности;- творческий потенциал современного специалиста;- современные достижения мировой науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах;- современные методы экспериментальной работы; |
| | Умеет: <ul style="list-style-type: none">- использовать информационные технологии в практической деятельности;- применять на практике новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности; |

| | |
|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - использовать современные достижения мировой науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах; - обосновать задачи исследования, выбрать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представить результаты научных экспериментов. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умением самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности; - способностью использовать современные достижения мировой науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах. - методами экспериментальной работы, способностью интерпретировать и представить результаты научных экспериментов. |
| <p>ПКС-2 Готовность использовать инновационные процессы в агропромышленном комплексе при проектировании и реализации экологически безопасных и экономически эффективных технологий</p> | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - термины и понятия в информационной деятельности, основные нормативные материалы по информационной деятельности в сельском хозяйстве; - информационные технологии выращивания сельскохозяйственных и декоративных культур, принципы, методы и приемы распространения инноваций <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - составлять информационные базы по инновационным технологиям, их анализировать и применять в получении продукции растениеводства при возделывания полевых культур. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования современных информационных технологий для сбора, обработки и распространения инноваций в агрономии, использования и создания базы данных по инновационным технологиям в агрономии, создания цифровых двойников; - методами построения схем инновационных процессов, операций и приемов в новых технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. |

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

Принципы построения и компоненты цифровых двойников сложных систем.

Методы и источники сбора агрономических данных (IoT, ДЗЗ, сенсоры).

Основы математического моделирования биометрических показателей растений.

Функциональные возможности современных имитационных моделей роста культур.

Методы калибровки и верификации моделей.

Уметь:

Формулировать требования к данным для построения цифрового двойника конкретного поля или процесса.

Работать с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и данными с Precision Ag-платформ (OneSoil, ExactFarming и др.).

Настраивать и запускать имитационные модели для решения конкретных производственных задач (прогноз урожая, оптимизация полива).

Анализировать результаты моделирования и представлять их в виде рекомендаций для принятия управленческих решений.

Владеть:

Навыками работы с программным обеспечением для имитационного моделирования.

Навыками статистической обработки и визуализации агрономических данных.

Методами критической оценки адекватности и точности модели.

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма обучения

| № п/п | Наименование разделов и тем | Всего | Аудиторные занятия | | | Сам. раб. |
|-------|---|-------|--------------------|----|----|-----------|
| | | | ЛК | ПЗ | ЛБ | |
| | Раздел 1. Теоретические основы цифровых двойников | 34 | 2 | 2 | - | 45 |
| 1. | Тема 1.1. Концепция Digital Twin: от Industry 4.0 к Agriculture 4.0. Эволюция моделей: от статических к динамическим, от детерминированных к вероятностным. | 12 | 6 | 6 | - | 15 |
| 2. | Тема 1.2. Архитектура цифрового двойника в растениеводстве: data layer, modeling layer, application layer. Обратная связь и жизненный цикл. | 14 | 6 | 8 | | 15 |
| 3. | Тема 1.3. Источники данных: IoT-сенсоры (влажность почвы, метеостанции), спутниковые и БПЛА-снимки (вегетационные индексы NDVI, EVI, LAI), | 14 | 8 | 6 | | 15 |

| | | | | | | |
|----|---|------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | почвенные и агрохимические базы данных. | | | | | |
| | Раздел 2. Математические и имитационные модели в растениеводстве | 34 | 2 | 2 | | 24 |
| 3. | Тема 2.1. Основы математического моделирования продукционного процесса. Фотосинтетически активная радиация (ФАР), ФПТ, эффективность использования ФАР. | 12 | 2 | 2 | | 10 |
| 4. | Тема 2.2. Обзор ключевых имитационных моделей: DSSAT, APSIM, AquaCrop, WOFOST. Их структура, входные и выходные параметры, области применения. | 12 | 4 | 2 | | 6 |
| 5. | Тема 2.3. Моделирование влияния абиотических стрессов (водный и температурный стресс, дефицит элементов питания) на рост и развитие растений. | 10 | 4 | 2 | | 6 |
| | Раздел 3. Практическое применение и верификация цифровых двойников. | 40 | 20 | 20 | | 30 |
| 6. | Тема 3.1. Построение цифрового двойника для решения прикладных задач: прогноз урожайности, оптимизация сроков сева и норм высева, планирование режимов орошения и внесения удобрений. | 20 | 10 | 10 | | 10 |
| 7. | Тема 3.2. Калибровка и верификация моделей. | 20 | 10 | 10 | | 10 |
| | <i>Форма отчетности</i> | Экзамен | | | | |
| | ИТОГО: | 180 | 8 | 10 | - | 90 |

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы, теста.

Форма контроля: экзамен.

Текущий контроль:

1. Активность на практических занятиях и выполнение мини-задач.
2. Защита индивидуального расчетного задания (калибровка модели).

3. Презентация и защита итогового проекта.

Критерии оценки итогового проекта:

- Корректность постановки задачи и выбора методов (20%).
- Полнота и качество собранных входных данных (20%).
- Глубина анализа результатов и адекватность выводов (30%).
- Качество оформления отчета и презентации (15%).
- Ответы на вопросы по проекту (15%).

Примерные вопросы к экзамену:

1. Дайте определение понятию «цифровой двойник». Чем он отличается от цифровой модели и цифрового shadow?
2. Опишите архитектуру и основные компоненты цифрового двойника агроэкосистемы.
3. Какие виды данных и источники необходимы для создания цифрового двойника поля?
4. Перечислите и охарактеризуйте основные имитационные модели роста сельскохозяйственных культур.
5. Опишите алгоритм калибровки и верификации имитационной модели.
6. Приведите пример использования цифрового двойника для оптимизации режима орошения.
7. В чем заключаются основные проблемы и ограничения при создании и использовании цифровых двойников в растениеводстве?

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Основная литература

1. Джонс Дж. В., ... DSSAT Modeling System. [Адаптированные переводы и руководства].
2. Кейс-стади по точному земледелию и цифровизации АПК. Сборник статей под ред. Иванова А.А. – М.: РГАУ-МСХА, 2023.
3. Лошаков В.Г. Математическое моделирование в агрономии. – СПб.: Лань, 2021.

4.2. Дополнительная литература

1. Agricultural Systems Modeling and Simulation. Edited by R.M. Peart and R.B. Curry. Marcel Dekker, Inc.
2. Site-Specific Crop Management. (Руководства по точному земледелию).

в) Программное обеспечение:

1. DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer)
2. AquaCrop (FAO)
3. R Studio с пакетами `agricolae`, `lme4`, `ggplot2`
4. QGIS
5. Платформы для работы с данными ДЗЗ (OneSoil Scouting, EOS Crop Monitoring).

г) Базы данных и информационные справочные системы:

1. NASA POWER (метеоданные)
2. SoilGrids (почвенные карты)
3. USGS EarthExplorer, Copernicus Open Access Hub (спутниковые снимки).

V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| № пп | Ссылка на информационный ресурс | Наименование разработки в электронной форме | Доступность |
|------|---|--|------------------|
| 1. | https://infourok.ru/ | Инфоурок: образовательный интернет-проект России. Включает: конспекты уроков, презентации, тесты, видеоуроки и другие материалы по предметам школьной программы. | Свободный доступ |
| 2. | http://edu.ru/ | Российское образование: Федеральный портал. Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; | Свободный доступ |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ. | |
|--|--|---|--|

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

| | | | |
|----|---|--|---|
| 1. | http://www.biblioclub.ru | Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн | Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет |
| 2. | www.garant.ru | Информационно-правовой портал | Свободный доступ |
| 3. | www.elibrary.ru | Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования | Свободный доступ |
| 4. | www.consultant.ru | Российская компьютерная справочно-правовая система | Свободный доступ |

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.