

**ПОЛИТЕХ**  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого



**ПОЛИТЕХ**  
Центр Национальной  
технологической инициативы  
Новые производственные технологии



**ПОЛИТЕХ**  
Институт передовых  
производственных технологий



**CML**  
ЦЕНТР  
КОМПЬЮТЕРНОГО  
ИНЖИНИРИНГА СПбПУ

CompMechLab

# Новые решения для проблем цифровой трансформации сельского хозяйства

Баденко Владимир Львович

[badenko\\_vl@spbstu.ru](mailto:badenko_vl@spbstu.ru)

Д.т.н., профессор Санкт-Петербургского  
политехнического университета Петра  
Великого

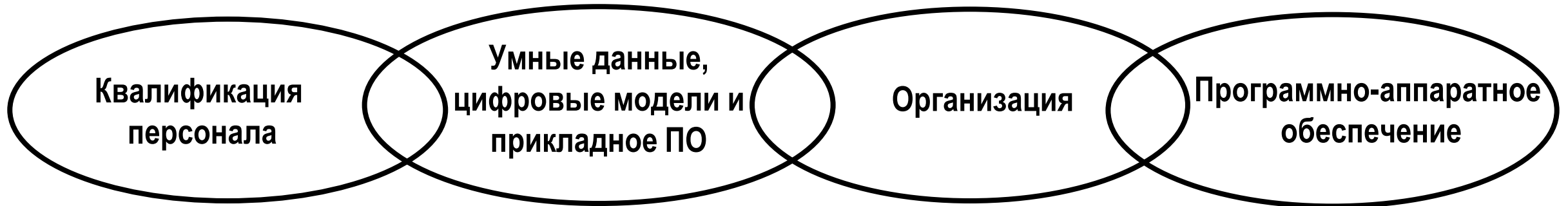
Главный научный сотрудник ФГБНУ  
Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург  
рук. лаб. Математического  
моделирования агроэкосистем

# Цепь цифровой трансформации

IT-системы (цифровые технологии) нельзя купить «на полке».

IT-система должна быть построена внутри организации.

Планируя внедрение системы, важно уделить равное внимание всем четырем звеньям цепи цифровой трансформации (внедрения IT-системы).



# Принятие решений

**Критерии принятия решений**

```
graph TD; A[Критерии принятия решений] --> B[Экономические]; A --> C[Социальные]; A --> D[Экологические]; A --> E[Технологические];
```

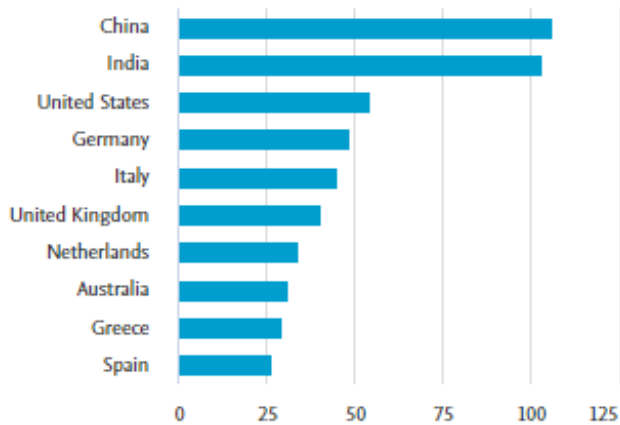
Экономические

Социальные

Экологические

Технологические

## Документы по странам



# Публикации (Scopus) — agriculture & digital twin

( TITLE-ABS-KEY ( agriculture ) ) AND ( "digital twin" )

634 результата поиска документов

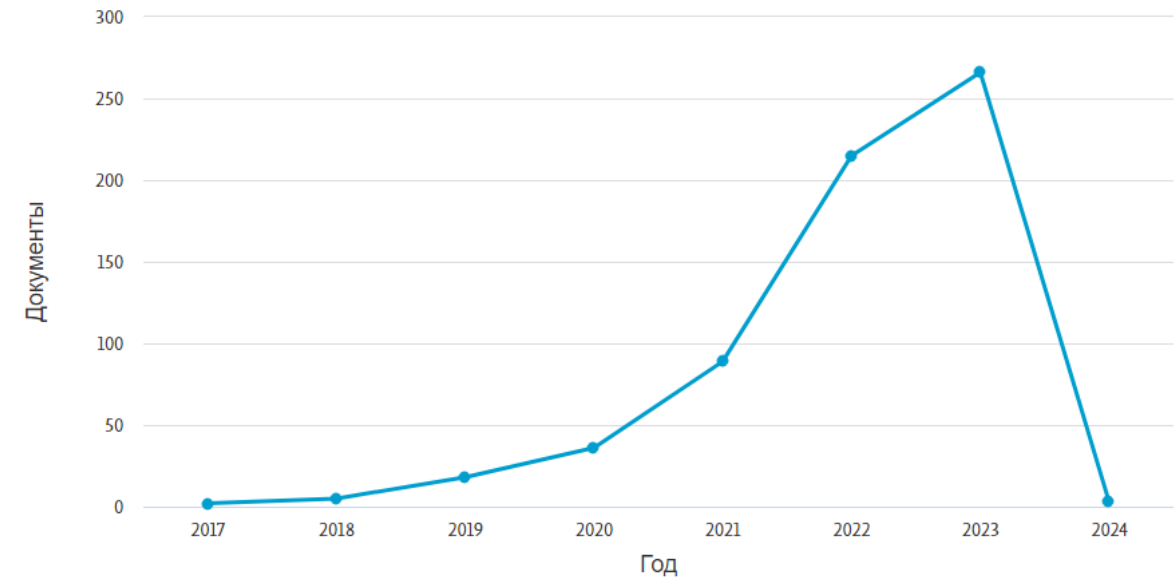
Выберите диапазон годов для анализа: 2017

по 2024

Анализировать

Год ↓	Документы ↑
2024	3
2023	266
2022	215
2021	89
2020	36

Документы по годам



Название документа	Авторы	Источник	Год	Цитирования
Review • <i>Open access (открытый доступ)</i> <b>A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda</b>	Klerkx, L., Jakku, E., Labarthe, P.	NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 90-91, 100315	2019	520
<a href="#">Просмотреть реферат</a> <a href="#">View at Publisher</a> <a href="#">Связанные документы</a>				
Review • <i>Open access (открытый доступ)</i> <b>Empowering Things with Intelligence: A Survey of the Progress, Challenges, and Opportunities in Artificial Intelligence of Things</b>	Zhang, J., Tao, D.	IEEE Internet of Things Journal, 8(10), страницы 7789–7817, 9264235	2021	252
<a href="#">Просмотреть реферат</a> <a href="#">View at Publisher</a> <a href="#">Связанные документы</a>				
Article <b>From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges</b>	Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G.P., Abu-Mahfouz, A.M.	IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(6), страницы 4322–4334, 9122412	2021	251

# Публикации (Scopus) – agriculture & digital transformation

( TITLE-ABS-KEY ( agriculture ) ) AND ( "digital transformation" )

1 206 результатов поиска документов

Выберите диапазон годов для анализа: 2011

по 2024

Анализ

Год ↓	Документы ↑
2024	7
2023	378
2022	370
2021	230
2020	148
2019	42

Документы по годам

Документы



Название документа	Авторы	Источник	Год	Цитирования
Review • <i>Open access (открытый доступ)</i> <b>Big Data in Smart Farming – A review</b>	Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.-J.	Agricultural Systems, 153, страницы 69–80	2017	1 431
<a href="#">Просмотреть реферат</a> <a href="#">View at Publisher</a> <a href="#">Связанные документы</a>				
Review • <i>Open access (открытый доступ)</i> <b>A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda</b>	Klerkx, L., Jakku, E., Labarthe, P.	NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 90-91, 100315	2019	520
<a href="#">Просмотреть реферат</a> <a href="#">View at Publisher</a> <a href="#">Связанные документы</a>				
Article • <i>Open access (открытый доступ)</i> <b>Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities</b>	Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., Butala, R.	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 142, 102067	2020	486

# Российская Федерация

- Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022 – 384 с.
- Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году. М.: Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии
- Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
- Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с
- Эффективные отечественные практики на базе технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве. – М.: 2023. АНО «Цифровая экономика».

Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (далее – ЕФИС ЗСН, система), введена в эксплуатацию с 12 апреля 2018 г. в соответствии с приказом Минсельхоза России от 2 апреля 2018 г. № 130.

Страхование Банки Консультанты НИОКР Энергетика Телеком ИТ Data Science HR НИИ Регуляторы E-commerce



Рис. 1. Жизненный цикл (источник: I'Son & Partners) [13]

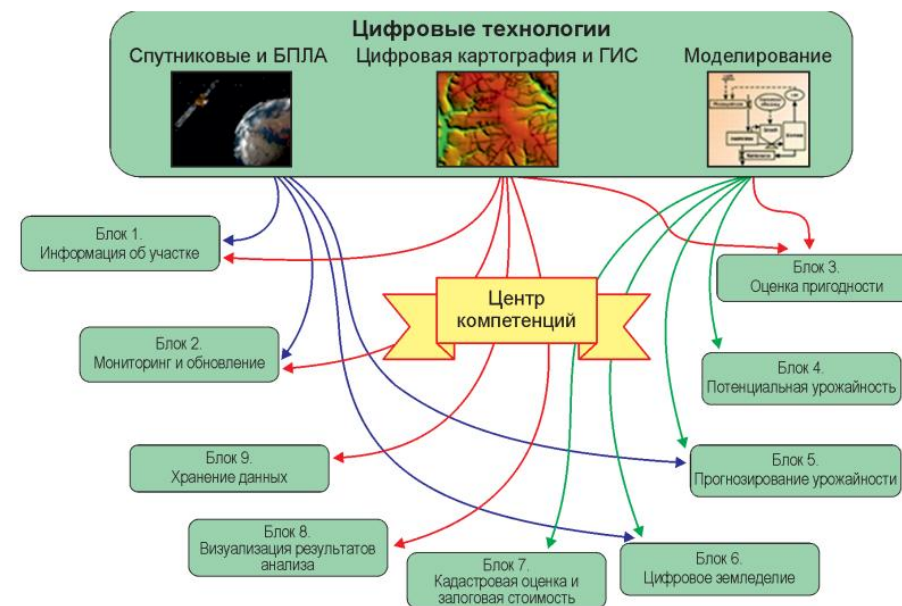


Рис. 2. Центр компетенций и система автоматизированного планирования и землеустроительного проектирования оптимального (адаптивно-ландшафтного) использования земель в сельском хозяйстве [составлено авторами]



Рынок «Фуднет»

— Рынок «умных» сервисов и продуктов для создания системы питания человека будущего



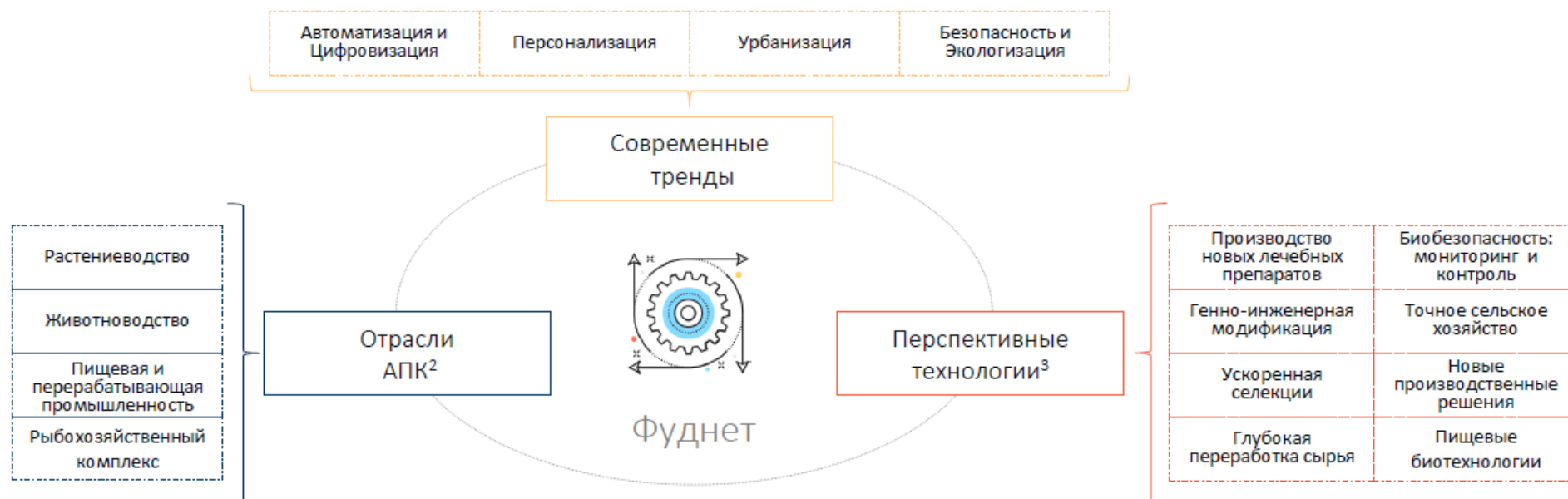
Миссия «Фуднет»

— Господство российских компаний на мировых рынках за счет лучших решений продовольственной безопасности<sup>1</sup> человека



Цель «Фуднет»

— Создать к 2035 году «умные» сервисы и продукты, которые станут лидерами на мировых рынках за счет лучших технологических решений продовольственной безопасности человека



1 - согласно Указу Президента РФ от 30 января 2010 г. N 120 "Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации";

2 - включая рынки продукции конечного потребления и рынки средств производства, а также рынки логистических услуг;

3 - согласно Прогнозу научно-технологического развития АПК РФ на период до 2030 года.

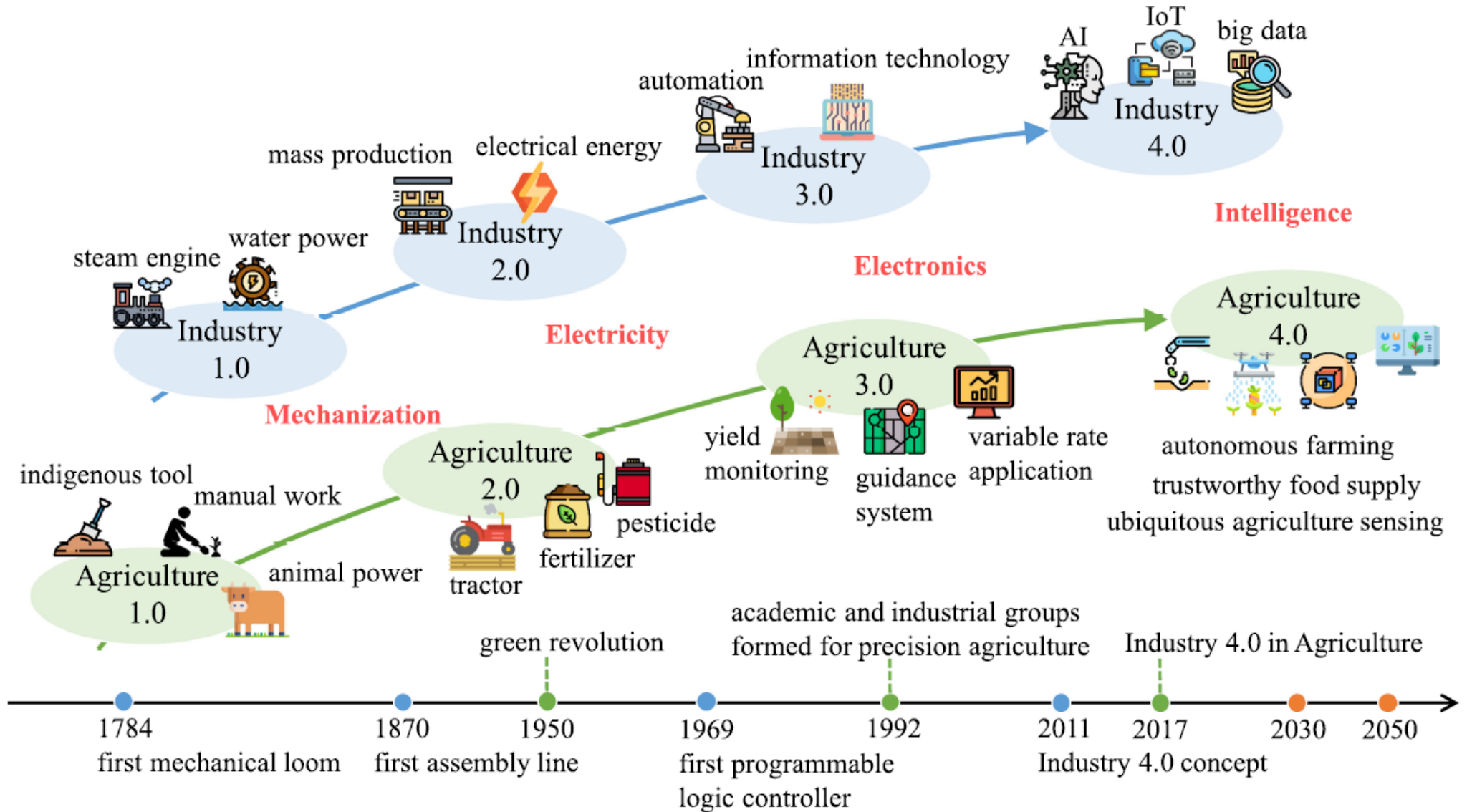
# Цифровая трансформация сельского хозяйства России

Принципиальная особенность внедряемых цифровых платформ в сельском хозяйстве – их открытость и глубокая интеграция в метасистему, обеспечивающую поддержку жизненного цикла всей отрасли и контроль качества в рамках рискориентированного подхода на основе анализа данных и прогностических моделей.

- «Цифровое землепользование»
- «Умное поле» – мониторинг полевых угодий и посевов сверхвысокой детализации (Big Data); разработка алгоритмов принятия управленческих решений сельхозпроизводства на основе обработки Big Data;
- «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма», «Умное стадо», «Умная теплица», «Умная переработка» ....
- С 2022 г. ФГБУ «Центр цифровой трансформации в сфере АПК».
- Проект «Цифровая трансформация агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов», результатом которого будет создание единой цифровой среды для всех производственных процессов в агропромышленном комплексе «от поля до прилавка», позволяющая выйти на качественно новый уровень цифровизации.
- **Решения:** <https://cleverfarmer.ru/> Cropmap.ru geomir.ru Exactfarming.com  
Gisinfo.ru ГИС Панорама АГРО АНО «Цифровая экономика»
- Сбер: Навигаторы по цифровым решениям для АПК: Основные задачи на пути ЦТ — ... грамотной интеграции ИТ-решений.



Liu Y. et al. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges //IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2020. – T. 17. – №. 6. – C. 4322-4334.



# Национальные стандарты

ГОСТ Р 57700.37-2021

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Компьютерные модели и моделирование

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ

Общие положения

Computer models and simulation. Digital twins of products. General provisions

ОКС 01.140.01

Дата введения 2022-01-01

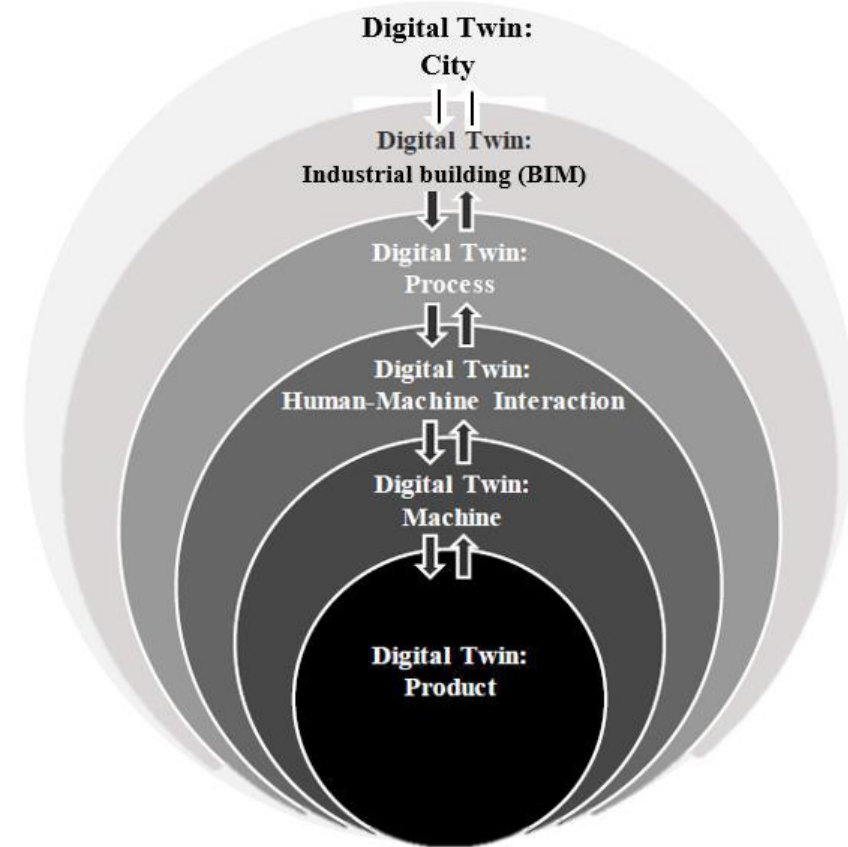
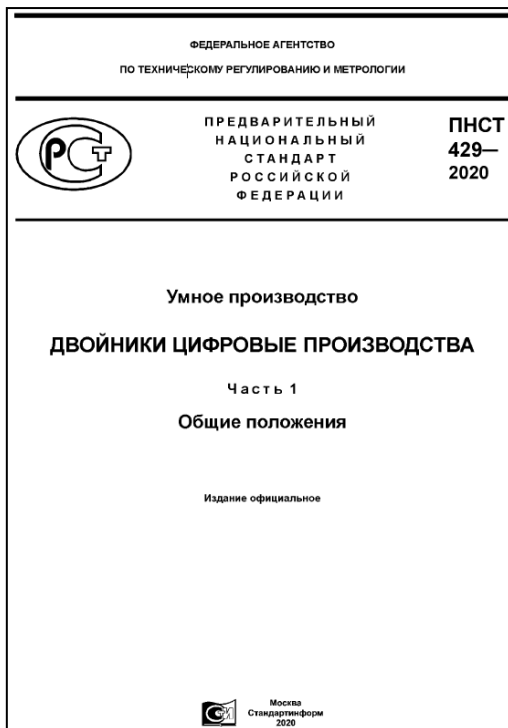
Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием "Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики" (ФГУП "РЯЦ-ВНИИЭФ") совместно с Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 700 "Математическое моделирование и высокопроизводительные вычислительные технологии"

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 сентября 2021 г. N 979-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ



Цифровой двойник изделия; ЦД: Система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями.

Примечания:

1 Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия.

2 При создании и применении цифрового двойника изделия участникам процессов жизненного цикла (по ГОСТ Р 56135) рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников (см. 6.3).

Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ «Системы искусственного интеллекта (ИИ) в сельском хозяйстве. Требования к обеспечению характеристик эксплуатационной безопасности систем автоматизированного управления движением сельскохозяйственной техники» от 28 декабря 2021 г. Разработан Cognitive Pilot (совместное предприятие Сбербанка и Cognitive Technologies) и ВШЭ, утвержден Росстандартом. Стандарт вводит в закон сами понятия автономных систем управления для техники АПК, регламентирует характеристики эксплуатационной безопасности умных систем в сельском хозяйстве и критерии ее подтверждения.

# Соотношение понятий «математическая модель», «компьютерная модель» и «цифровая модель» в рамках ГОСТ Р «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения»

**Цифровая модель**

**Компьютерная модель**

**Математическая модель**

**цифровая модель изделия:** Система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям.

Примечания

- 1 Цифровая модель создается с использованием ПО КМ и (или) инструментальных программных и иных средств.
- 2 Цифровая модель должна описывать структуру, функциональность и поведение разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на тех стадиях жизненного цикла, которые установлены в соответствующих технических заданиях.
- 3 Наполнение и функциональность цифровой модели зависит от стадии жизненного цикла изделия.
- 4 Оценка соответствия цифровой модели изделия в общем случае включает в себя процедуры верификации и валидации математических моделей по ГОСТ Р 57188, компьютерных моделей и ПО КМ по ГОСТ Р 57700.1, ГОСТ Р 57700.2, ГОСТ Р 57700.24, ГОСТ Р 57700.25.
- 5 Под электронными документами понимаются электронные документы по ГОСТ 2.001, ГОСТ 3.1001, ГОСТ 3.1102, ГОСТ 19.101, ГОСТ 34.601, ГОСТ Р 58301.

**компьютерная модель (электронная модель):** Модель, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде и представляющая собой совокупность данных и программного кода, необходимого для работы с данными.

Примечание — В основе компьютерной модели лежит математическая модель, реализованная в виде программного кода, и данные, определяющие конкретный объект моделирования.

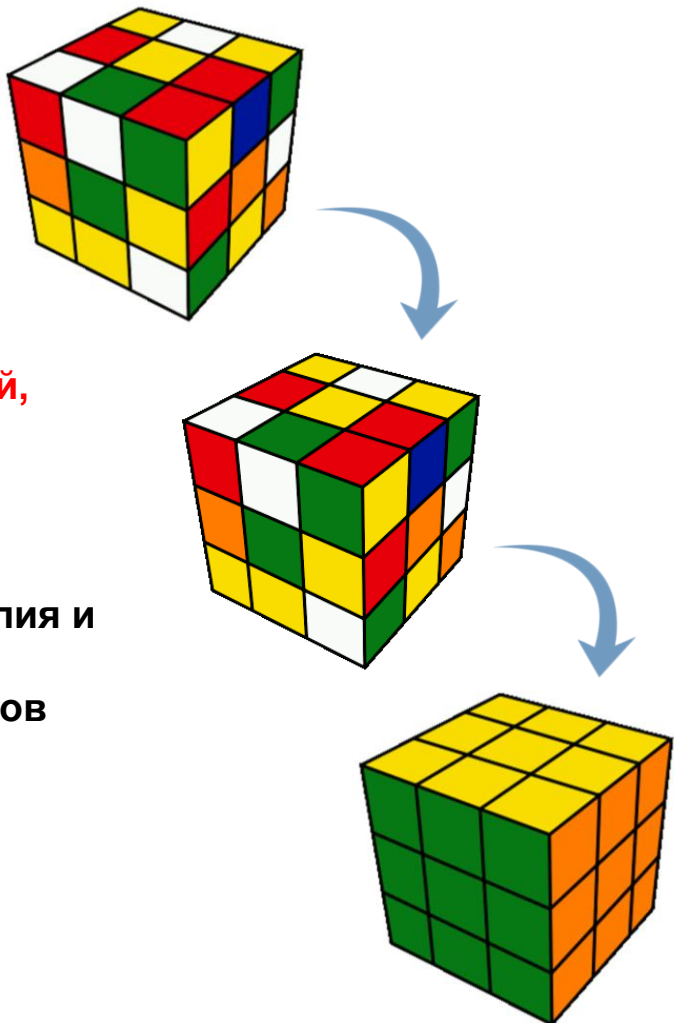
[ГОСТ Р 57412—2017 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения и ГОСТ Р 57700.22—2020 Компьютерные модели и моделирование. Классификация]

**математическая модель:** Модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений.

[ГОСТ Р 57188—2016 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения]

# Разработка многоуровневой матрицы требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (МТ) – ключевой процесс при создании цифрового двойника изделия

## Формирование МТ



## Балансировка требований, целевых показателей и ресурсных ограничений

## Разработка и изменение цифровых моделей изделия и при необходимости технологических процессов

## Сбалансированная МТ

**МТ** – Многоуровневая матрица (совокупность взаимосвязанных прямоугольных таблиц), которая содержит формализованные требования к изделию (системе, подсистемам и компонентам), которые в процессе разработки декомпозируются и каскадируются на целевые показатели с учетом ресурсных ограничений.

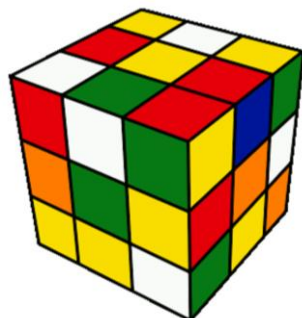
**Рациональная балансировка** большого количества характеристик изделия (системы) – требований, целевых показателей и ресурсных ограничений изделия (системы) в целом, подсистем, компонентов и деталей

осуществляется посредством проведения виртуальных испытаний, применения их результатов, при необходимости разработки и применения множества виртуальных испытательных стендов и виртуальных испытательных полигонов.

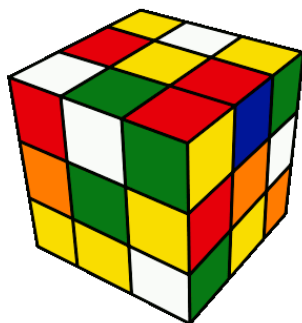
**Результат балансировки** – одновременное выполнение требований, достижение целевых показателей и удовлетворение ресурсных ограничений изделия (системы) и проверка их соответствия установленным диапазонам значений за счет изменения изделия (системы), подсистем и компонентов путем проведения виртуальных испытаний.

# Разработка многоуровневой матрицы требований, целевых показателей и ресурсных ограничений (МТ) – ключевой процесс при создании цифрового двойника изделия

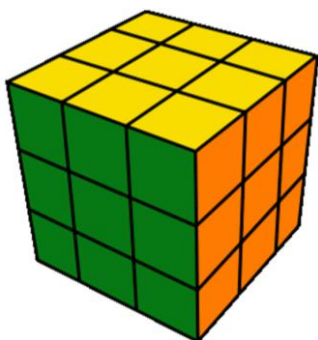
**Формирование МТ**



**Балансировка требований, целевых показателей и ресурсных ограничений**



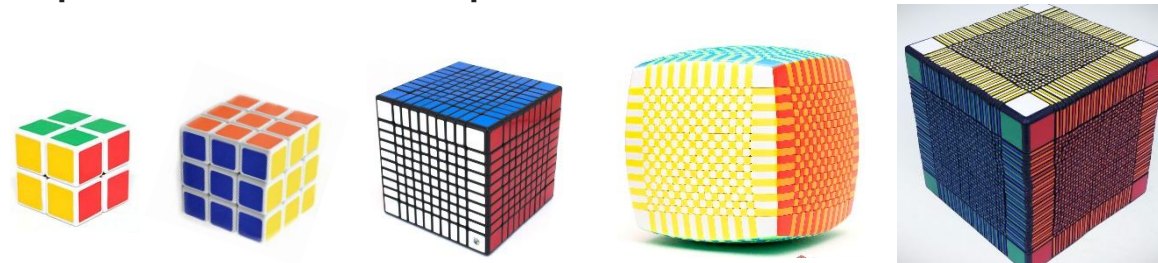
**Разработка и изменение цифровых моделей изделия и при необходимости технологических процессов**



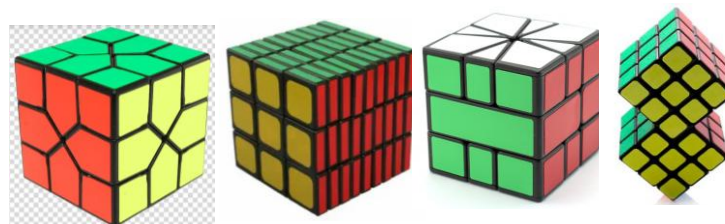
**Сбалансированная МТ**

Число всех достижимых различных состояний кубика Рубика 3x3x3 равно  $(8! \times 3^{8-1}) \times (12! \times 2^{12-1})/2 = 43$  квинтиллиона **252** квадриллиона **3** триллиона **274** миллиарда **489** миллионов **856** тысяч

С учётом ориентации центральных квадратов количество состояний возрастает в  $4^6/2 = 2048$  раз, до 88 секстиллионов 580 квинтиллионов 102 квадриллионов 706 триллионов 155 миллиардов 230 миллионов состояний



2x2x2    3x3x3 ... 10x10x10 ... 19x19x19 ... 33x33x33



3x3x9

Square-1

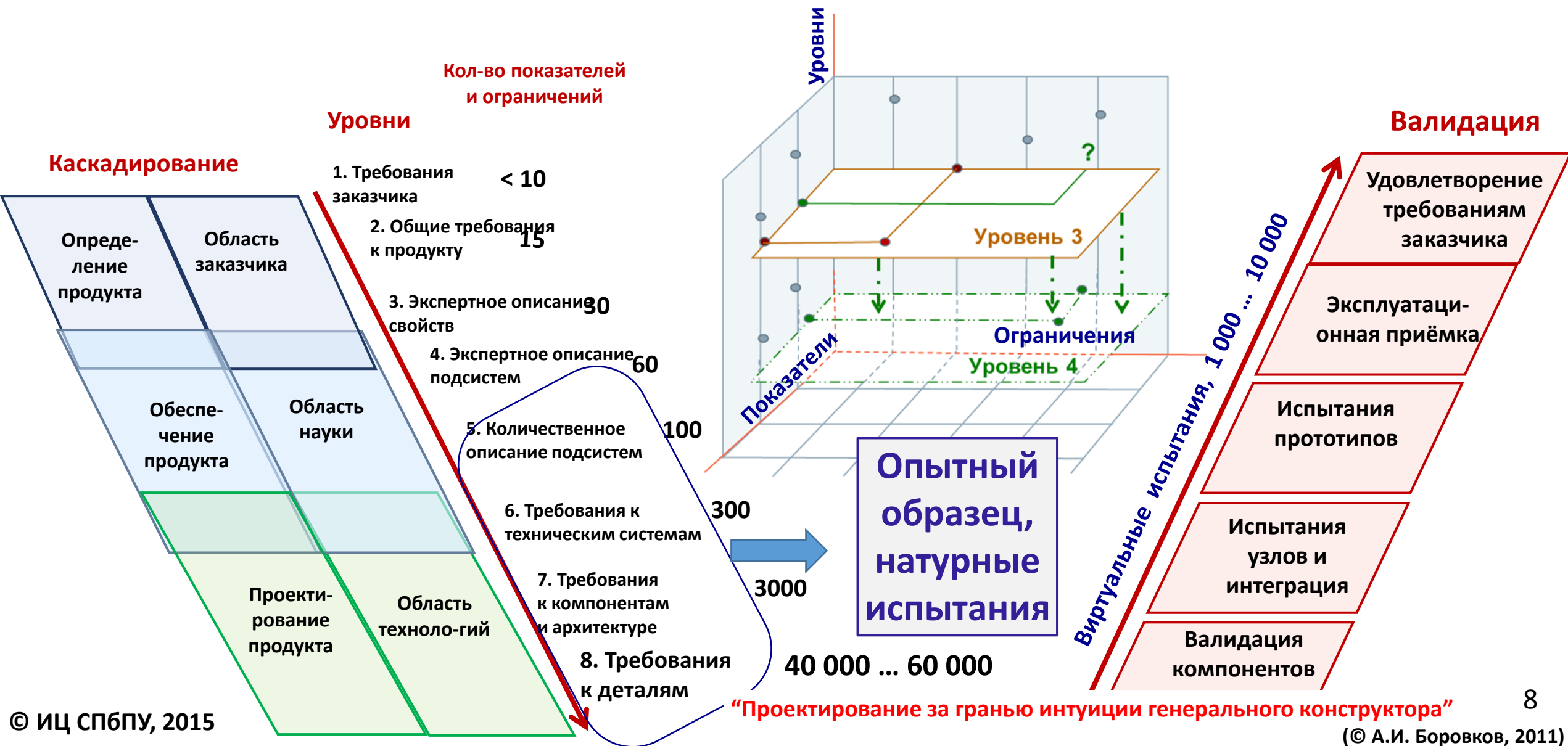
Сиамские кубики

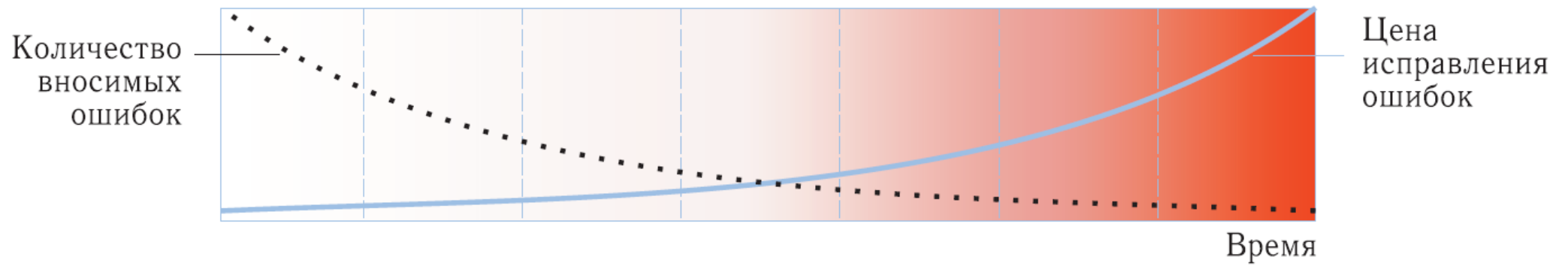
**Алгоритм Бога**

**Кубик Рубика 3 × 3 × 3 всегда может быть собран не более чем в 20 ходов (считая за один ход поворот любой из 6 граней на 90 или 180 градусов)**

Французский дизайнер Грегор Пфенниг разработал самый большой кубик. Число подвижных элементов – 6 153. Вес – 3.15 кг (это в 22 раза тяжелее чем стандартный кубик Рубика). Все элементы куба были распечатаны на 3D принтере и собраны вручную.


# Матрица целевых показателей и ресурсных ограничений





# Цифровая экономика (Digital Economy)

# Цифровая промышленность (Digital Industry)



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
МГУ имени М.В. Ломоносова

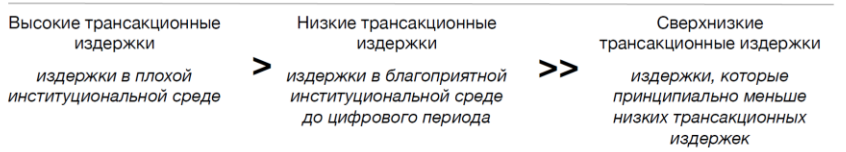
**ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА КАК ЭКОНОМИКА СВЕРХНИЗКИХ ТРАНСАКЦИОННЫХ ИЗДЕРЖЕК (НАБОР ГИПОТЕЗ)**

Александр Аузан  
Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

## ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Термин «**цифровая экономика**» (digital economy) (N.Negroponte, 1995): в основе – теорема Р. Коуза\* о значении трансакционных издержек в экономике

Смысл цифровой трансформации – в радикальном **снижении** уровня **трансакционных издержек** и изменении их структуры.



**А.А. Аузан**  
декан экономического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова

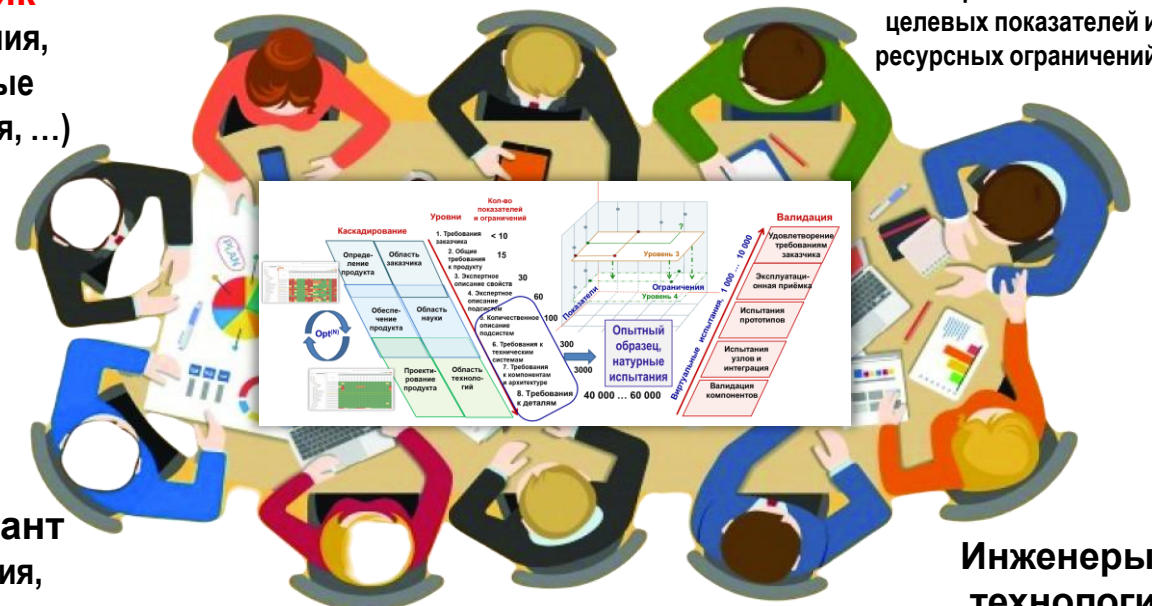
**Заказчик** (требования, ресурсные ограничения, ...)

**Утилизатор** (требования, ресурсные ограничения, ...)

**Инженеры-программисты**

**Инженеры-экономисты, маркетологи, архитектор матрицы требований / целевых показателей и ресурсных ограничений)**

...



**Эксплуатант** (требования, ресурсные ограничения, ...)

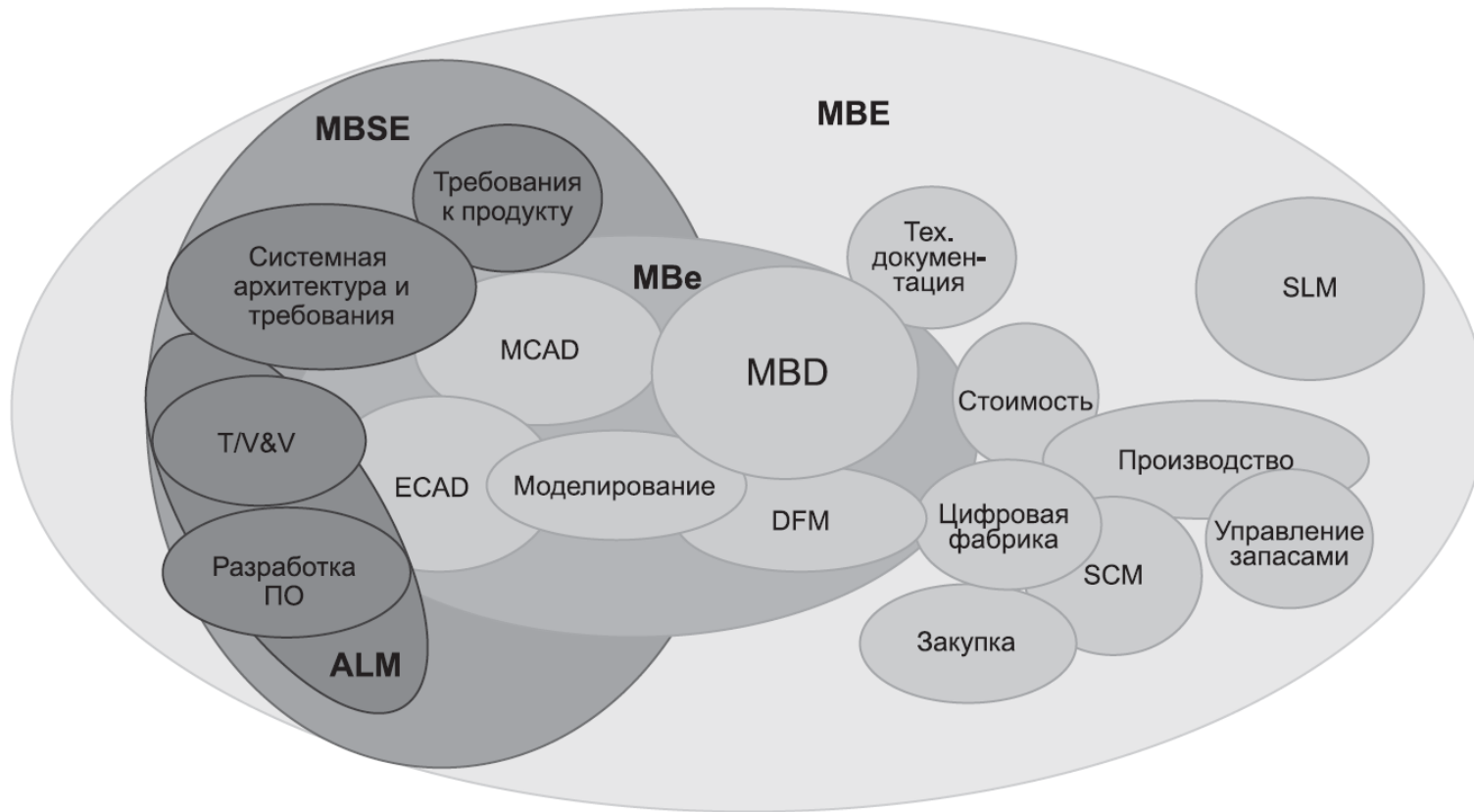
**Инженеры-материаловеды**

**Инженеры-расчетчики**

**Инженеры-конструкторы**



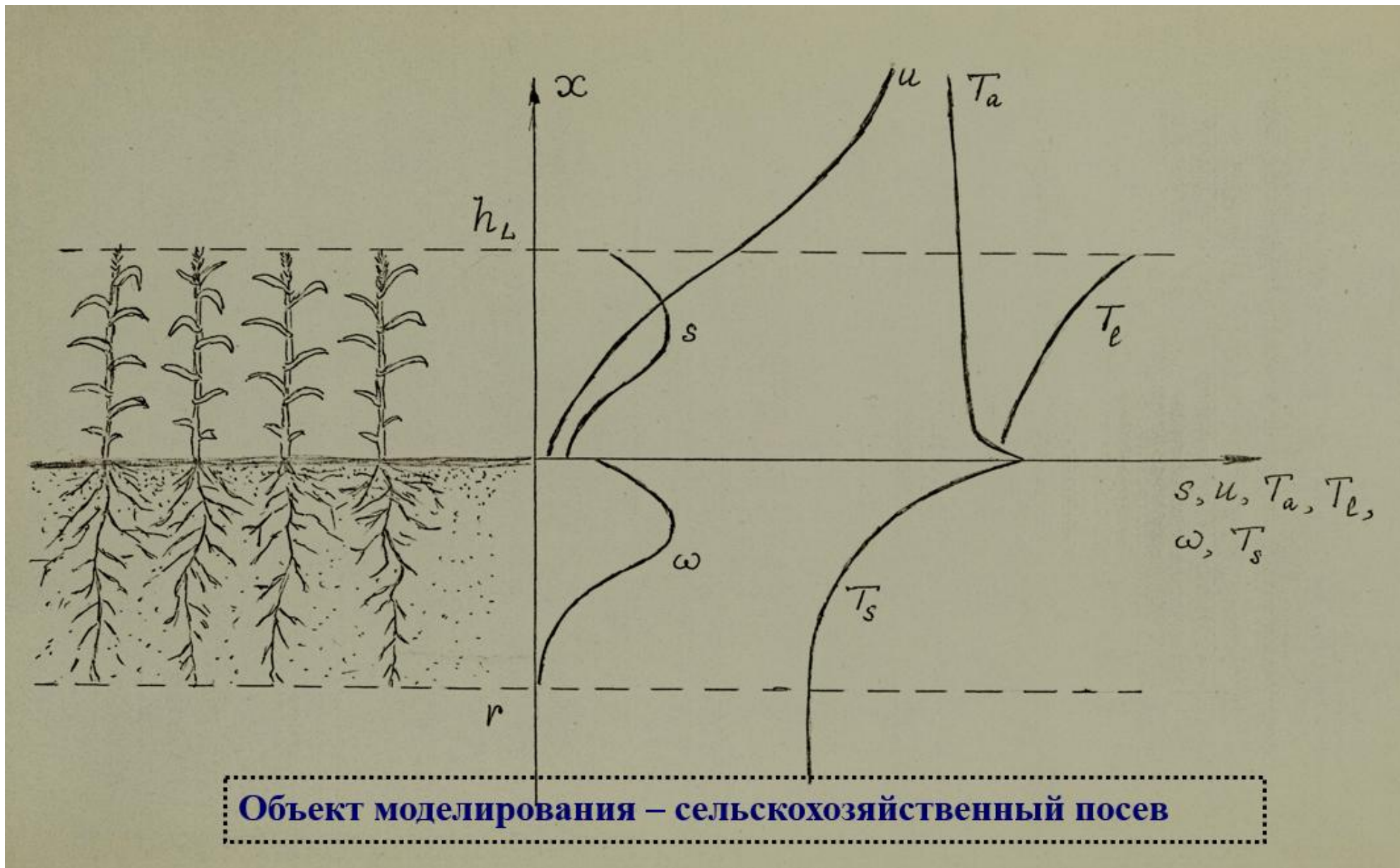
# MBSE (Model Based System Engineering)



Все документы, все свойства, все представления об изделии должны генерироваться из этой объединенной модели, которая является **«единым источником истины»**. Т.е., изменения в одной системе должны автоматически отражаться в других, обеспечивая единую картину, «единую истину».

В основе концепции MBSE лежит идея **создания единой модели** производственной системы, объединяющей все ее характеристики и свойства в рамках одной модели. Применение моделирования для поддержки формирования требований, поддержки проектирования, анализа, верификации и валидации системы на ее жизненном цикле.

# Динамическая модель продукционного процесса AGROTOOL (1973 -...)



# Модель AGROTOOL v.3.5

Лимитирующие факторы

Продуктивность

конкуренция,  
болезни, вредители

V  
(экология)

P, K,  
микроэлементы

IV  
(минеральное  
питание)

ДВУ

N, C

III  
(азотный режим)

W, P

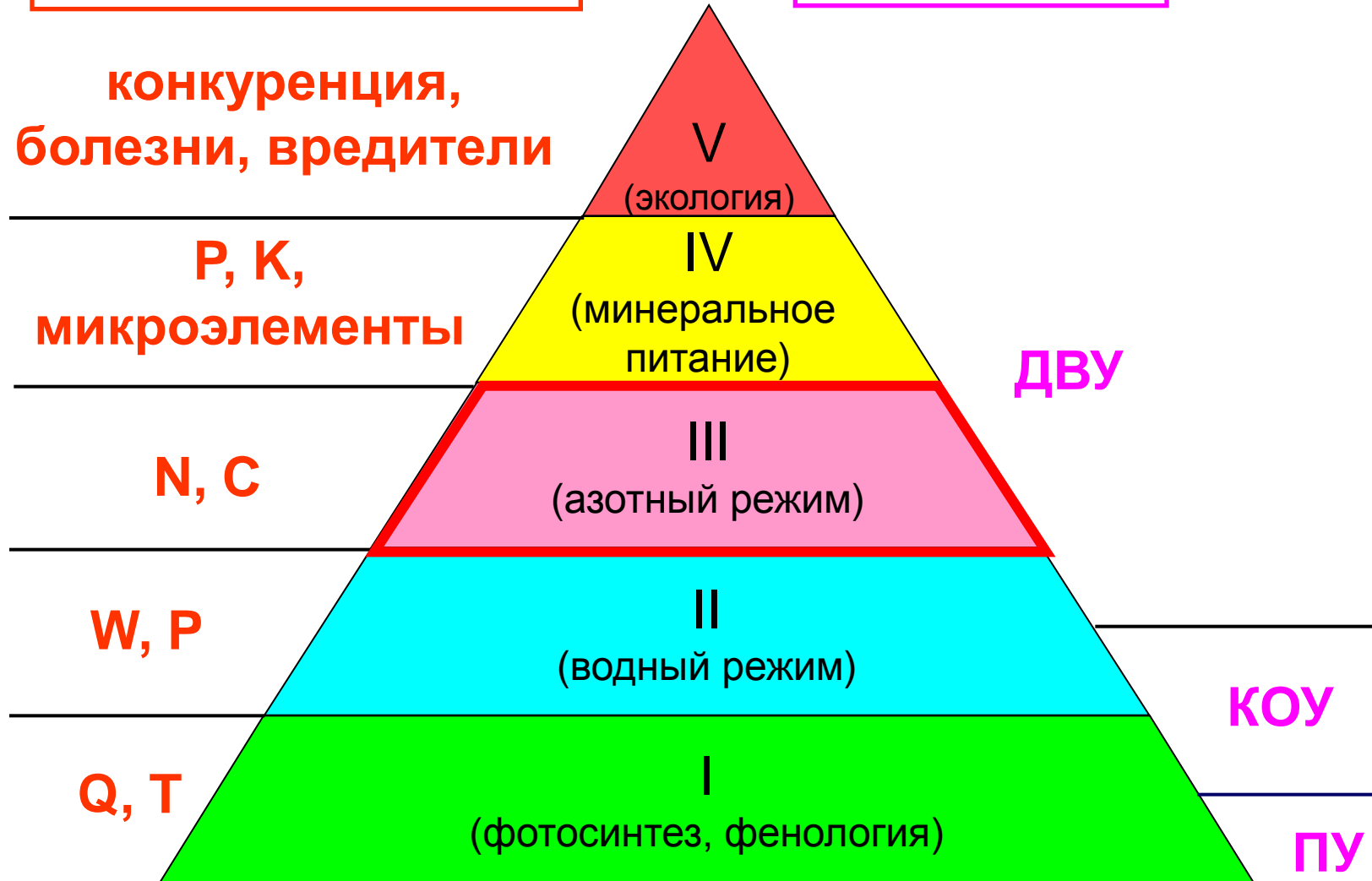
II  
(водный режим)

КОУ

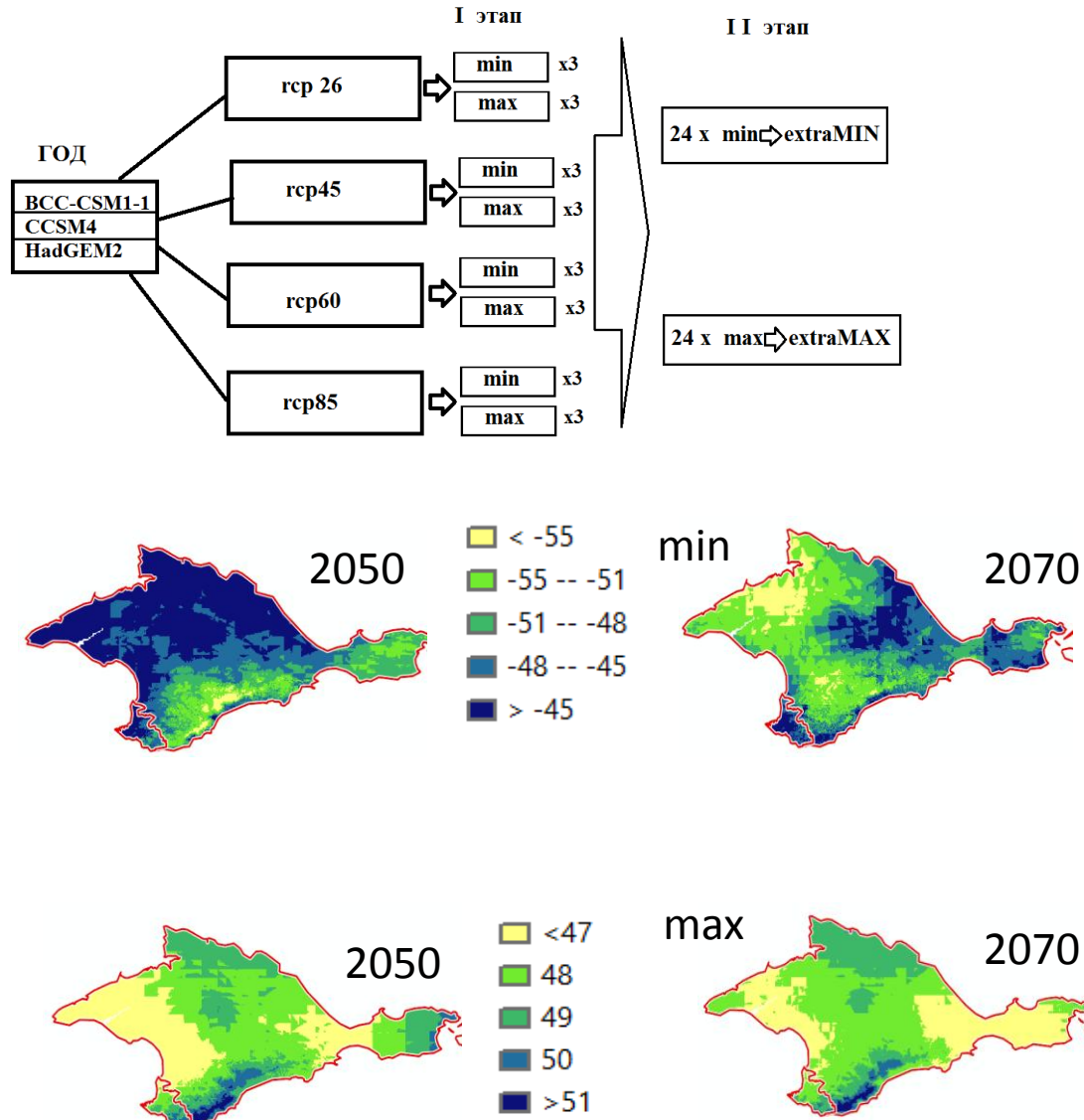
Q, T

I  
(фотосинтез, фенология)

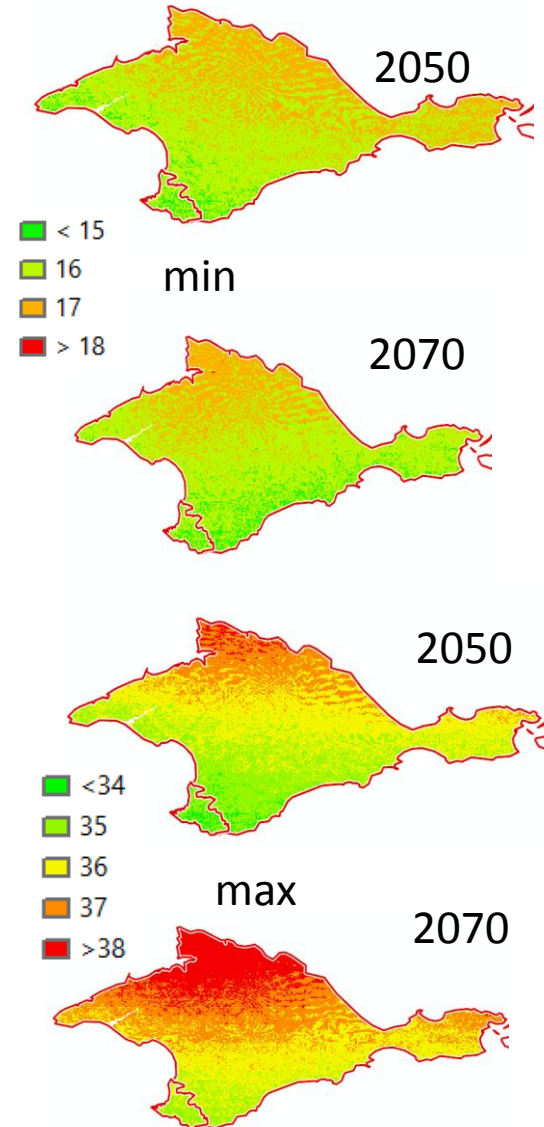
ПУ



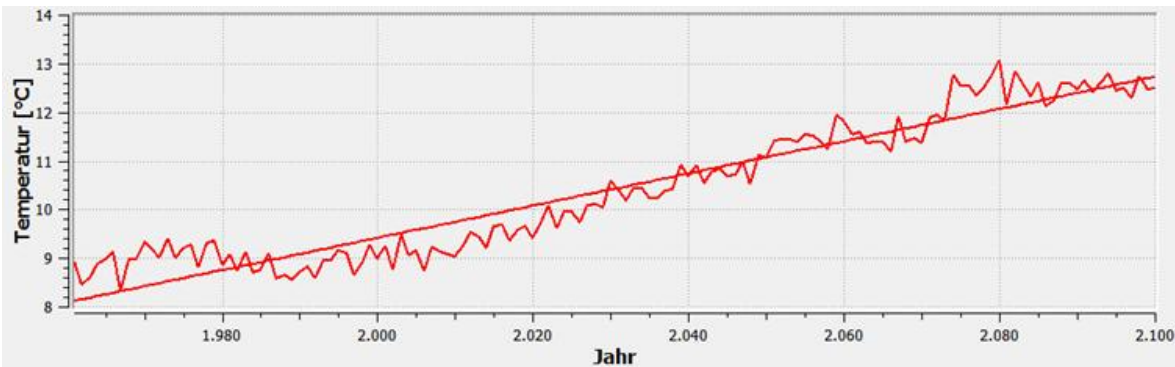
# Анализ климатических изменений (<https://www.worldclim.org/>)



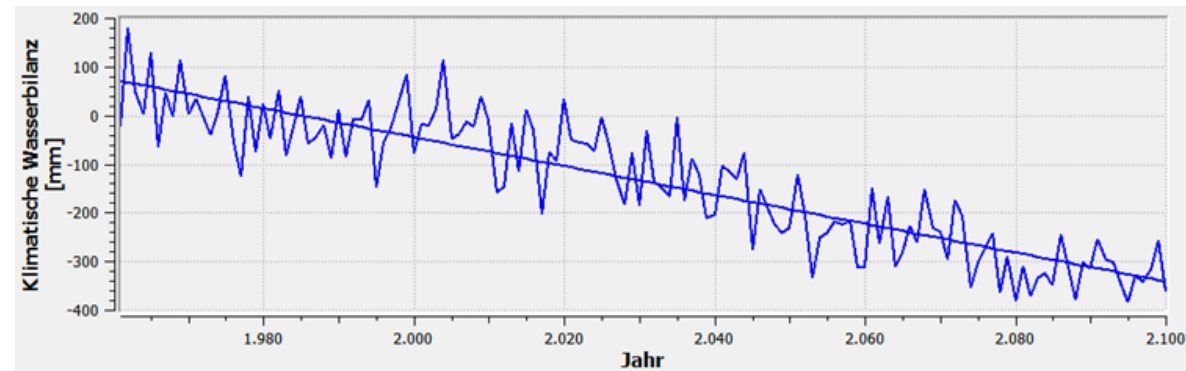
изменения минимальной температуры  
воздуха в 2050 и 2070 годах по сравнению с  
минимальной температурой в 2017 году



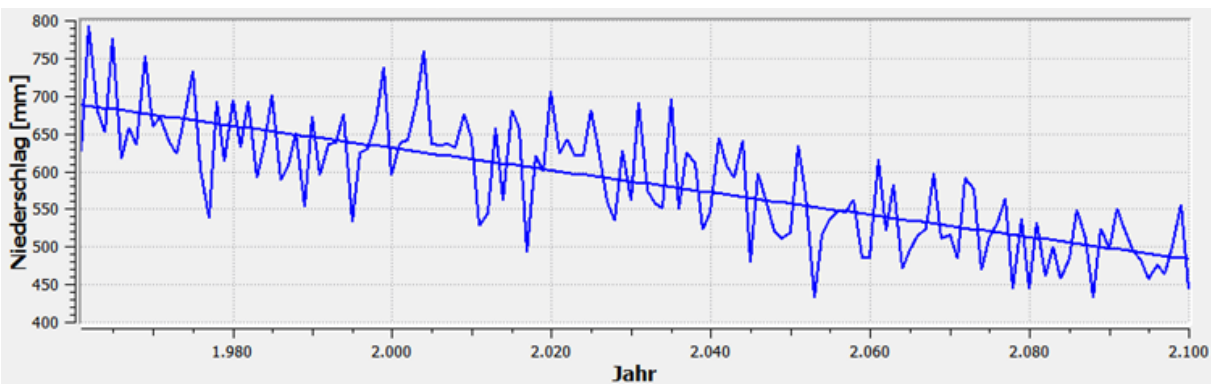
# Результаты для земли Брандербург (ФРГ)



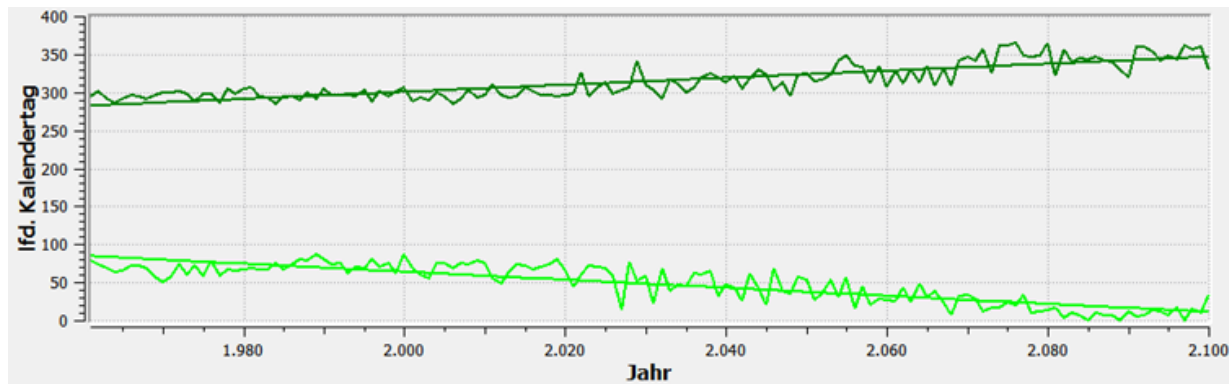
Среднегодовая температура



Среднегодовой водный баланс

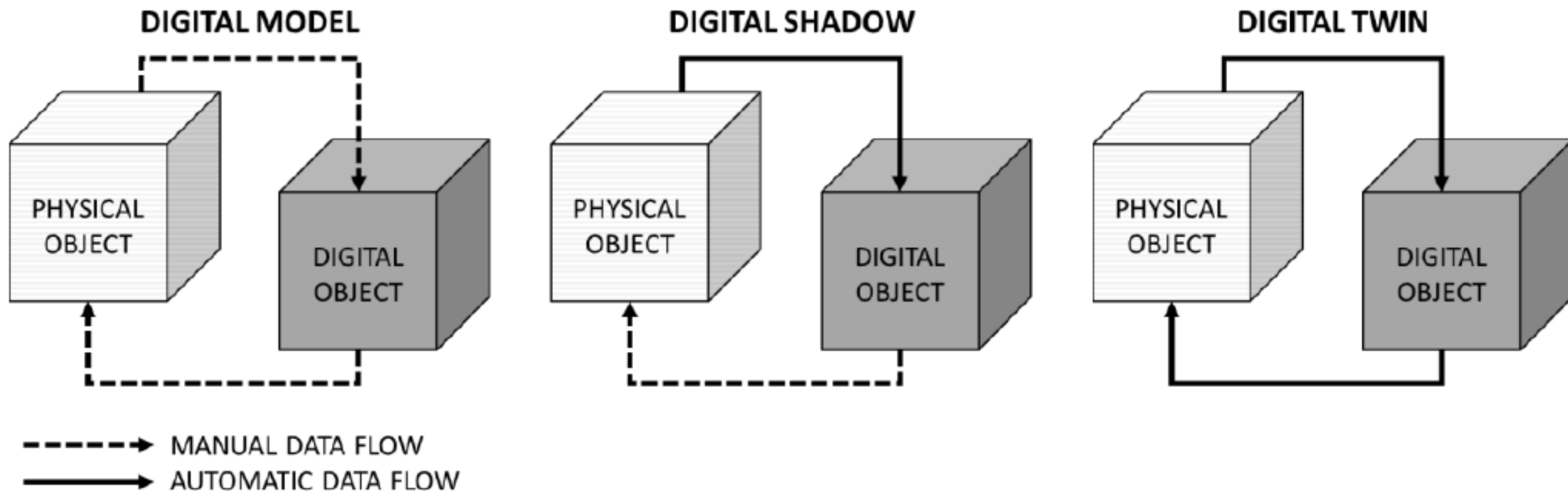


Среднегодовые осадки



Продолжительность вегетационного периода  
К концу века – увеличение на 115 дней

# Цифровые двойники



Наличие и направление автоматического потока данных между объектом и его цифровым представлением определяет, является ли это простой цифровой моделью, тенью или цифровым двойником.

Pylianidis C., Osinga S., Athanasiadis I. N. Introducing digital twins to agriculture //Computers and Electronics in Agriculture. – 2021. – Т. 184. – С. 105942.

*Wageningen University and Research, the Netherlands*

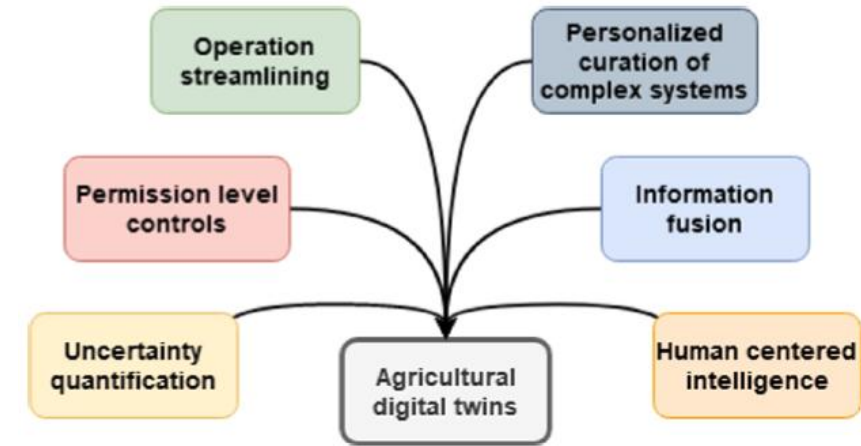


Fig. 6. The characteristics of DT that can benefit agricultural applications.

Есть несколько применений DT в сельском хозяйстве. Они находятся на начальном этапе и недостаточно тщательно разработаны, чтобы предложить преимущества, которыми пользуются другие дисциплины. Исключения составляли некоторые развернутые приложения, которые были частью программы, финансируемой Европейским Союзом. Мы считаем, что предстоит пройти еще долгий путь, прежде чем сельскохозяйственное сообщество сможет в полной мере воспользоваться преимуществами DT. Сельскохозяйственные исследователи и заинтересованные стороны должны прилагать усилия, чтобы быть в курсе технологических достижений и искать связи между сельскохозяйственными проблемами и проблемами, которые решаются с помощью DT в других дисциплинах.

### Две отличительные характеристики DT в сельском хозяйстве:

- 1. Многие сельскохозяйственные DT прямо или косвенно связаны с живыми системами и скоропортящимися продуктами. Хотя DT идеально подходят для понимания таких сложных систем и включения недетерминированных процессов, их интеграция с физическим двойником может быть затруднена.
- 2. DT в других дисциплинах варьируется от размера самолета до размера завода. Сельскохозяйственные DT варьируются от отдельных растений и животных до DT земельных участков, ферм или регионов. Может потребоваться рассмотрение эффектов в этих масштабах. Во временном измерении сельскохозяйственные DT отличаются из-за более медленной скорости отклика их физических близнецов. Сельскохозяйственные процессы, такие как выращивание растений, имеют тенденцию развиваться относительно медленно, поэтому, по крайней мере, на начальном этапе нет необходимости в высокочастотных взаимодействиях между физическими и цифровыми двойниками.
- Мы твердо верим, что в ближайшем будущем у них есть шанс совершить технологический прорыв.

Nasirahmadi A., Hensel O. Toward the Next Generation of Digitalization in Agriculture Based on Digital Twin Paradigm //Sensors. – 2022. – T. 22. – №. 2. – C. 498.

Department of Agricultural and Biosystems Engineering, University of Kassel, 37213 Witzenhausen, Germany

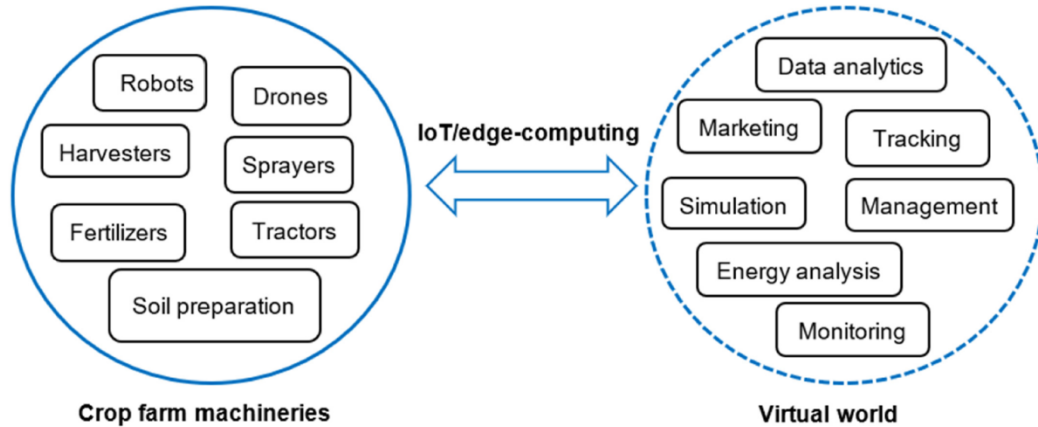


Figure 2. An architecture of the digital twin concept for crop production technology.

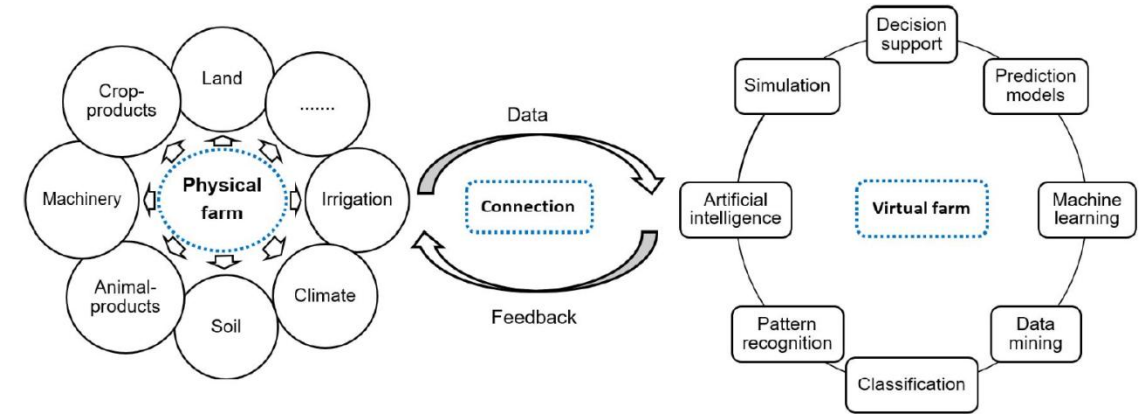


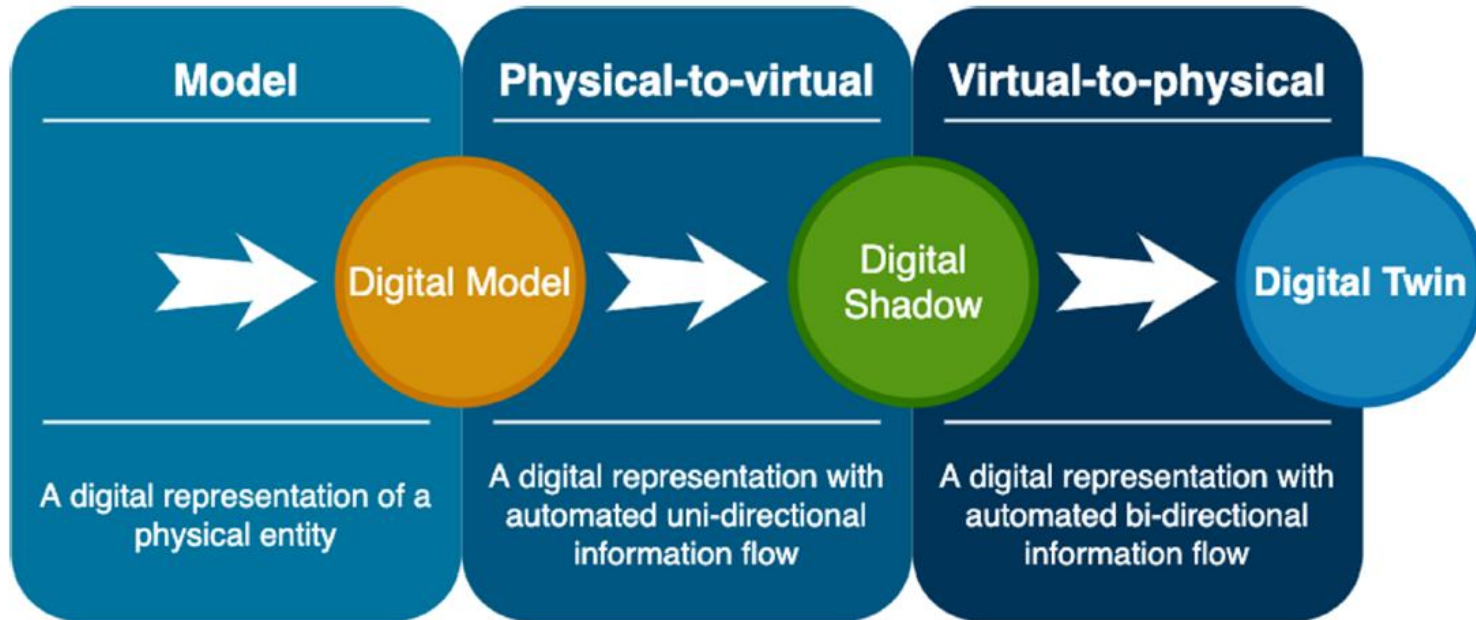
Figure 1. Schematic of digital twin concept for agriculture.

- Использование цифровых технологий помогло руководителям сельскохозяйственных предприятий повысить эффективность, урожайность и сократить потери. В литературе существуют различные типы парадигм цифрового земледелия, которые можно использовать в концепциях цифровых двойников в качестве следующего поколения цифровизации в области сельского хозяйства. Результаты этого обзора показывают, что концепции цифровых двойников в сельском хозяйстве и пищевой промышленности до сих пор мало использовались в исследованиях.
- Обладая непрерывной информацией о сельскохозяйственных активах в режиме реального времени, виртуальные модели могут прогнозировать и решать невидимые проблемы на полях.



# Purcell W., Neubauer T. Digital Twins in Agriculture: A State-of-the-art review //Smart Agricultural Technology. – 2022. – C. 100094.

*Information and Software Engineering Group, TU Wien, Vienna, 1040, Austria*



## Digital Twin - Data integration levels

Model ( <i>Digital Model</i> )	A digital representation without automated data exchange between the entity and virtual model. This is the lowest level of integration which can be achieved. This can be likened to a Digital Twin prototype [7,10,15]. (Fig 1: Left)
Partially-integrated ( <i>Digital Shadow</i> )	A digital representation with automated information flow in one direction. This information flows for the entity to the virtual representation, meaning a change in the entity is reflected in the virtual representation. This is comparable to a Digital Twin instance [7,15]. (Fig 1: Middle)
Fully-integrated ( <i>Digital Twin</i> )	A digital representation with automated bi-directional information flow. The Digital Twin like a Digital Shadow has a virtual representation, reflecting any changes in the physical entity's state. The differentiating factor being the Digital Twin can affect the state of the physical entity too, however, the means are dependent on context and entity type [7,15]. (Fig 1: Right)

## Digital Twin - Modelling terminology

PHYSICAL ENTITY	A physical entity can be thought of as a "real-world" entity, its existence is independent of a Digital Twin. The term "Physical Twin" can be used when a Digital Twin does exist [6].
VIRTUAL ENTITY	A general model (e.g. un-twinning) or similar domain-specific virtual representation of a product, process or environment.
A "Virtual Twin" should be used when a virtual entity is twinned to a physical entity [6].	

- Цифровой двойник позволяет устранить различия между определением состояния, пониманием сущностей и физической автоматизацией благодаря высокоточному моделированию и двунаправленным потокам данных. Концепция виртуального представления в реальном времени ставит Digital Twin в уникальное положение, позволяющее оцифровывать сельское хозяйство. Объединение данных, моделирования и симуляции «что, если» может обеспечить подход к преодолению существующих ограничений в поддержке принятия решений и автоматизации на различных сельскохозяйственных предприятиях.

# McKinsey Digital

## Digital twins: The foundation of the enterprise metaverse

- Метавселенная предприятия будет работать на десятках взаимосвязанных цифровых двойников, которые воспроизводят все: от физических активов (например, продуктов и офисных зданий) до людей (например, клиентов и сотрудников) и основных бизнес-процессов и часто взаимодействуют с физической средой без вмешательства человека
- Компании могут начать этот путь, начав с одного цифрового двойника, в основе которого лежит продукт данных, и со временем развивая его, чтобы обеспечить все более мощные возможности прогнозирования. Затем они могут перейти к объединению нескольких цифровых двойников, чтобы открыть еще больше вариантов использования, и, наконец, добавить дополнительные технологии, необходимые для преобразования этой сети цифровых двойников в метавселенную предприятия.

# Мнение McKinsey

- Мы рассматриваем цифрового двойника как виртуальное представление физического актива, человека или процесса. Двойник включает в себя данные, собранные из нескольких источников, слой поведенческой информации, полученный из данных, и визуализацию. Но простая трехмерная визуализация или автономное моделирование не будут считаться цифровым двойником. Поверх него можно построить несколько вариантов использования ИИ, симуляции «что, если» и дополнительные визуализации.

Основным сдерживающим фактором развития передовых технологий является потребность в высококвалифицированных кадрах

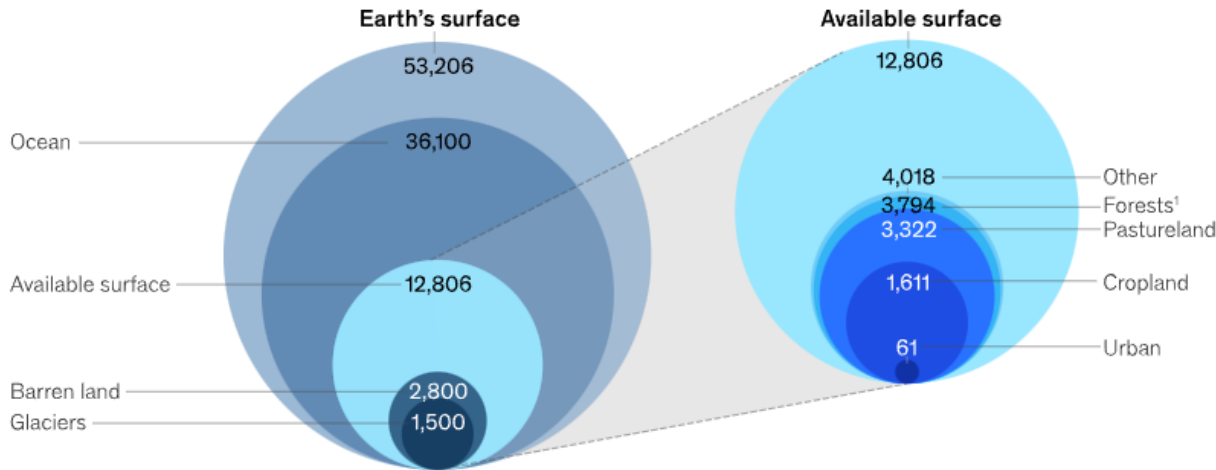
С развитием технологий растут потребности в их регулировании – обеспечении конфиденциальности данных, кибербезопасности, распределении ответственности за утечки и другие инциденты

Развитие ряда трендов может быть замедлено ввиду неопределенности рентабельности предлагаемых решений

# McKinsey Center for Agricultural Transformation

Today, about 60 percent of Earth's available surface beyond the ocean is suitable for additional cropland but could have multiple uses.

Distribution of the Earth's surface in 2020, million hectares (Mha)



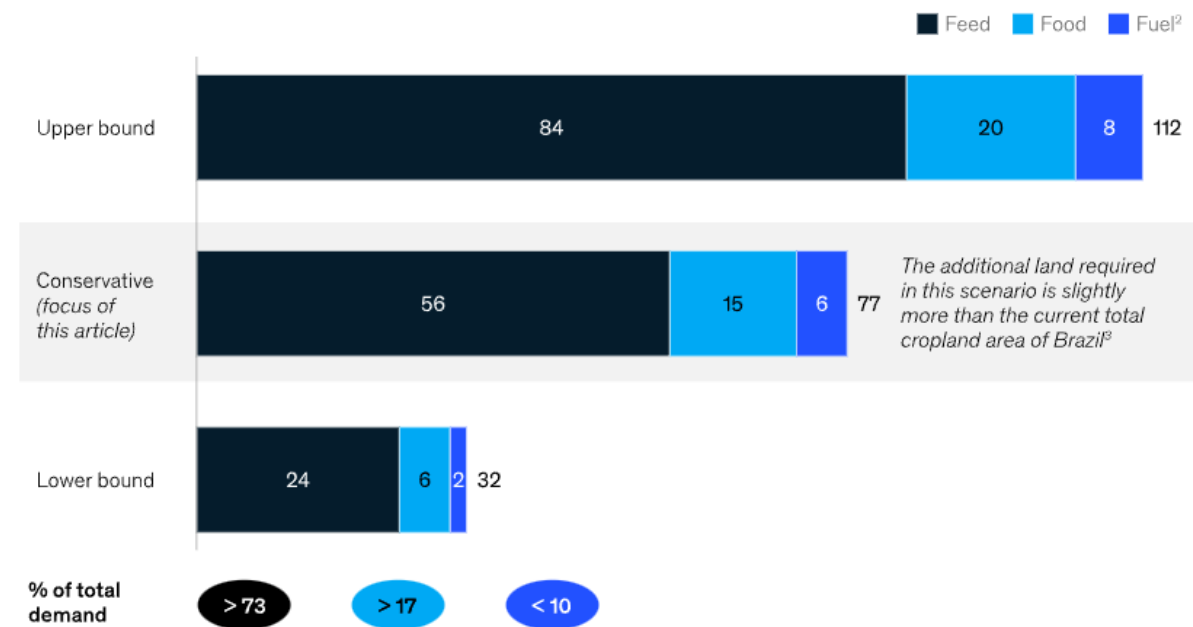
Note: Total land in use by humans today for food, feed, fuel, and nature capital includes forests, other natural land, pastureland, cropland, and urban land (12,800 Mha), and excludes ocean, glaciers, and barren land. Sixty percent of this—including pastureland, urban land, other natural land, and managed and secondary forests—could be suitable for cropland. However, forested areas provide significant biodiversity benefits, and concerted action to protect all forests is imperative. Pastureland and natural land are almost 3 times as plentiful today as managed and secondary forested areas, and any action to expand cropland should first and foremost focus on converting the former.

<sup>1</sup>Of this, a total of 1,283 Mha is primary forest that is protected by global commitments to climate and nature, 2,231 Mha is secondary, and 280 Mha is managed. Source: Hannah Ritchie and Max Roser, "Land use," Our World in Data, September 2019; Potsdam Institute for Climate Impact Research MAgPIE Model; McKinsey analysis

McKinsey & Company

The estimated need for 70–80 million additional hectares of cropland by 2030 reflects what is likely to happen, not what ought to happen.

Potential additional cropland required by 2030 to meet demand across food, feed, and fuel,<sup>1</sup> million hectares



<sup>1</sup>Additional drivers of demand include tree coverage for carbon sequestration and storage as well as nature and natural capital, including protected areas for biodiversity. This demand is addressed in the model through constraints imposed on deforestation, strict conservation of primary forests, and limiting areas of land expansion (eg, maintaining existing protected areas).

<sup>2</sup>Residues are the primary feedstock of advanced biofuels in this model. Numbers exclude any nonresidue waste-based fuels and CO<sub>2</sub>-based power-to-liquid fuels.

<sup>3</sup>This figure is also nearly three times the cropland area of Tanzania.

Source: Global Yield Gap Atlas; Potsdam Institute for Climate Impact Research MAgPIE model; McKinsey analysis

McKinsey & Company

## СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного  
и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации  
на период до 2030 года

УТВЕРЖДЕНО

распоряжением Правительства  
Российской Федерации  
от 29 декабря 2021 г. № 3971-р

В ходе реализации Стратегического направления в агропромышленном комплексе, в том числе в сельском хозяйстве, пищевой и перерабатывающей промышленности, производстве напитков и табака, на сельских территориях, и рыбохозяйственном комплексе, в том числе в рыболовстве и рыбоводстве, будут внедрены следующие технологии:

моделирование и прогнозирование;

цифровые двойники;

искусственный интеллект, в том числе машинное обучение,

компьютерное зрение;

интернет вещей;

беспилотные летательные аппараты;

беспилотная сельскохозяйственная техника и р

дистанционное зондирование Земли;

Проблемами текущего состояния отрасли, решаемыми при цифровизации, являются:

высокий уровень дефицита на рынке труда специалистов в сфере агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, способных эффективно работать с инновационными цифровыми технологиями;

отсутствие учебных программ по подготовке специалистов в сфере агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов в области использования современных инновационных технологий для сбора и обработки информации о состоянии и использовании земель в агропромышленном комплексе;

неразвитость прогнозирования и планирования в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах в цифровой среде;

недостаточное развитие цифровой инфраструктуры;

# Экосистема развития ИИ в сельском хозяйстве на федеральном уровне



Заместитель Председателя Правительства  
Дмитрий Николаевич Чернышенко



Минэкономразвития России



Минцифры России



Минсельхоз России



Искусственный интеллект  
Российской Федерации



Русская  
Аграрная  
Группа



ЧЕРКИЗОВО  
С 1974



РУСАГРО  
группа компаний



GEOSCAN



АссистАгро



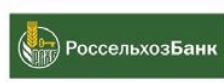
Skoltech



Центр компетенций НТИ «Искусственный интеллект»



ИнтерАгроТех



Сколково



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ  
ИННОВАЦИЯМ

ФОНД НТИ

РОССИЙСКИЙ ФОНД  
ПРЯМЫХ ИНВЕСТИЦИЙ



ГОСУДАРСТВО



ИНСТИТУТЫ РАЗВИТИЯ



ОТРАСЛЕВОЙ БИЗНЕС



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЦЕНТРЫ



ВЕНДОРЫ/РАЗРАБОТЧИКИ



АССОЦИАЦИИ / ОБЩЕСТВЕННЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ

# Нормативное правовое регулирование в сфере ИИ в сельском хозяйстве

ГОСТ Р 59920–2021 ОТ  
03.01.2022

Национальный стандарт Российской Федерации «Системы искусственного интеллекта в сельском хозяйстве»

## ПРИКАЗ ГУГК СССР ОТ 13.09.1990 № 11 С

Инструкция по определению и обеспечению секретности топографогеодезических, картографических, гравиметрических, аэросъемочных материалов и материалов космических съемок на территории СССР (введена в действие с 01.01.1991 г.

## ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 11.03.2010 №138 (РЕД. ОТ 02.12.2020)

«Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 09.06.2021)

## УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА РФ ОТ 21.07.2016 №350 (РЕД. ОТ 03.12.2021)

«О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства»

## РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 10.08.2019 №1796-Р (РЕД. ОТ 13.10.2022)

«Об утверждении Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 г.»

## ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 25.08.2017 №996 (РЕД. ОТ 13.05.2022)

«Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг.»

## ПРИКАЗ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ ОТ 12.01.2017 №3

«Об утверждении Прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 г.»

## УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА РФ ОТ 10.10.2019 № 490

«О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»

## ПРИКАЗ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ ОТ 27.02.2020 №90 (РЕД. ОТ 28.04.2021)

«О вводе в эксплуатацию государственной информационной системы «Информационно-аналитическая система оперативного мониторинга и оценки состояния и рисков научно-технического обеспечения развития сельского хозяйства»

## ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 22.07.2020 №1080 (РЕД. ОТ 22.08.2022)

«О предоставлении грантов в форме субсидий из федерального бюджета на реализацию комплексных научно-технических проектов в агропромышленном комплексе»

## ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 18.02.2022 №205

«О внесении изменений в Правила предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета на реализацию комплексных научно-технических проектов в агропромышленном комплексе»

## РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 29.12.2021 №3971-Р

«Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 г.»

## ПРИКАЗ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ ОТ 09.09.2021 №621

«О вводе в эксплуатацию государственной информационной системы сбора и анализа отраслевых данных «Единое окно» Минсельхоза России»

## РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 08.09.2022 №2567-Р

«Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г.»

## РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 28.12.2022 №4267-Р

«О соглашении о намерениях между Правительством Российской Федерации и заинтересованными организациями в целях развития высокотехнологического направления «Искусственный интеллект»

## ПРОТОКОЛ ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ КОМИССИИ\* ОТ 16.02.2023 №7

«О ведомственной программе цифровой трансформации 2023–2025 гг. Минсельхоза России»

\* – ПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ КОМИССИЯ ПО ЦИФРОВОМУ РАЗВИТИЮ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ И УСЛОВИЙ ВЕДЕНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

# Публикации

- Сайт Центра НТИ СПбПУ: <https://nticenter.spbstu.ru/>
- Боровков А. И. и др. *Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности*. – 2019.
- Badenko, V.L., et al., *Integration of Digital Twin and BIM Technologies within Factories of the Future* // Magazine of Civil Engineering. 2021. 101(1). Article No. 10114
- Barykin S. et al. *Innovative analysis in climate change: Evidence from developed European countries* //Frontiers in Environmental Science. – 2022. – Т. 10. – С. 1048621.
- Badenko, V. et al. *A Method for Application of Remote Sensing Data in Crop Simulation Models* // Lecture Notes in Networks and Systems, 2023, vol. 574. 290029
- Yadikin V. et al. *Global Challenges of Digital Transformation of Markets: Collaboration and Digital Assets* // Sustainability, 2021, 13(19), 10619
- Bolshakov N. et al. *Cross-Industry Principles for Digital Representations of Complex Technical Systems in the Context of the MBSE Approach: A Review* // Applied Sciences. 2023, 13, 6225.
- Баденко В. Л., и др. *Модели производственного процесса сельскохозяйственных растений для анализа элементов систем земледелия* // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1(25). С. 8–27.
- Баденко В.Л. и др. *Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований* // Сельскохозяйственная биология, 2017, том 52, № 3, с. 437-445.
- Баденко В.Л. и др. *Перспективы использования динамических моделей агроэкосистем в задачах средне- и долгосрочного планирования сельскохозяйственного производства и землеустройства* // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 1-2. С. 72-76.
- Романов А. А. Прикладной системный инжиниринг //М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2015.



Спасибо за внимание!