

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Цифровизация промышленности 2023

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Группа компаний Т1 закрывает задачи от АСУТП до Аналитики данных

## Дататех

- **BI** — Аналитика промышленных данных
- **AI** — Машинное обучение и исследование данных
- **ERP** — Системы управления эффективностью деятельности предприятия
- **DWH** — Хранилища и озера промышленных данных
- **aCRM** — Аналитический CRM

## Т1

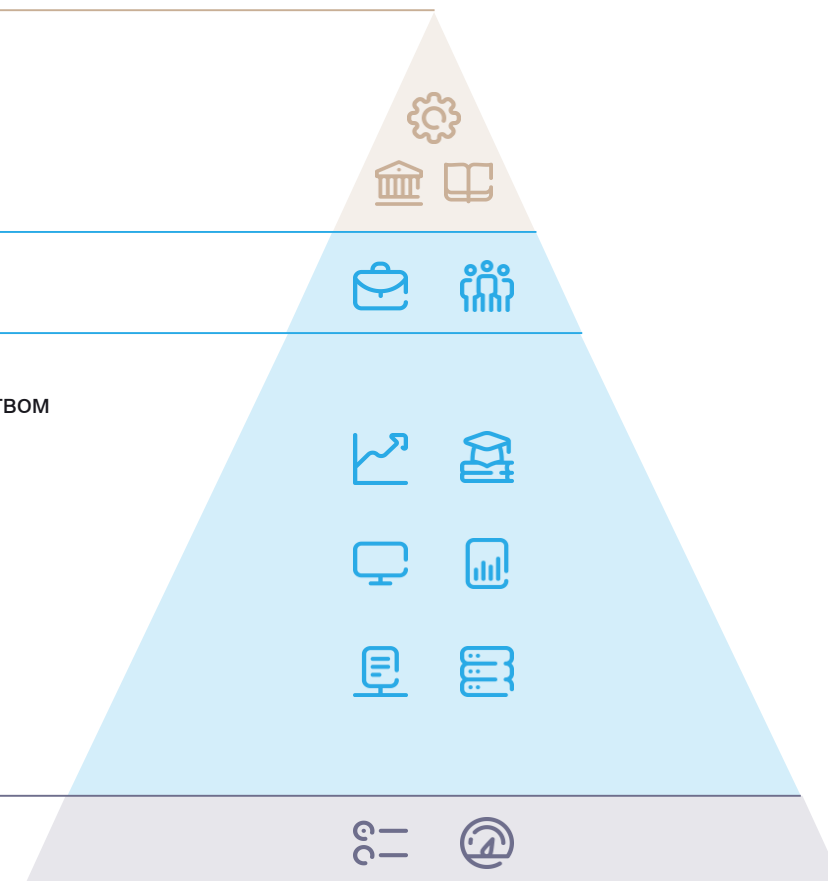
- + **ERP**
- + **CRM**

## Т1

- + **APS** (Advanced Planning & Scheduling) — Детальное планирование с точностью до рабочего центра
- + **MES** (Manufacturing Execution System) / АСУП — Автоматизированная система управления производством
- + **ЦД** — Цифровые двойники
- + **КТК** — Компьютерные тренажерные комплексы
- + **СУУТП** — Системы усовершенствованного управления технологическим процессом
- + **КЗ** — Системы компьютерного зрения для автоматизации производства
- + **EAM и КСУТО** — Системы управления активами, техобслуживанием и ремонтами
- + **MDC** (Machine Data Collection) — Мониторинг и контроль технологического оборудования
- + **АСУТП** — Автоматизированная система управления технологическим процессом
- + **SCADA** — Система диспетчерского управления и сбора данных
- + **Инфраструктура** — ЦОД, Серверное оборудование, Сеть, ИБ

## КИПиА

- Полевая автоматика
- Контрольно-измерительные приборы



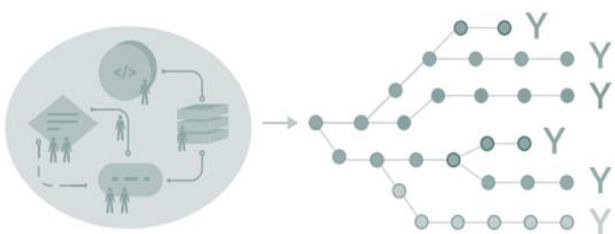
# ПРОДУКТЫ ДАТАТЕХ И ПАРТНЁРОВ

для решения задач подготовки и принятия решений



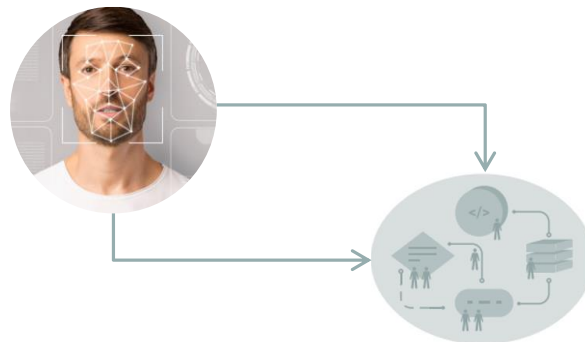
# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАННЫХ

для повышения эффективности производства



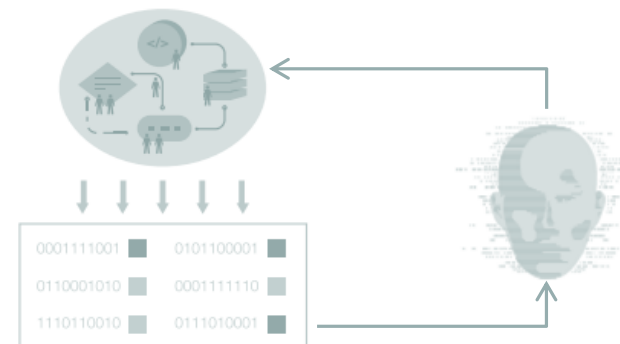
## Повышение качества продукции

инструментами интерпретации  
моделей машинного обучения



## Повышение эффективности производственных процессов

за счет использования средств  
видеоаналитики

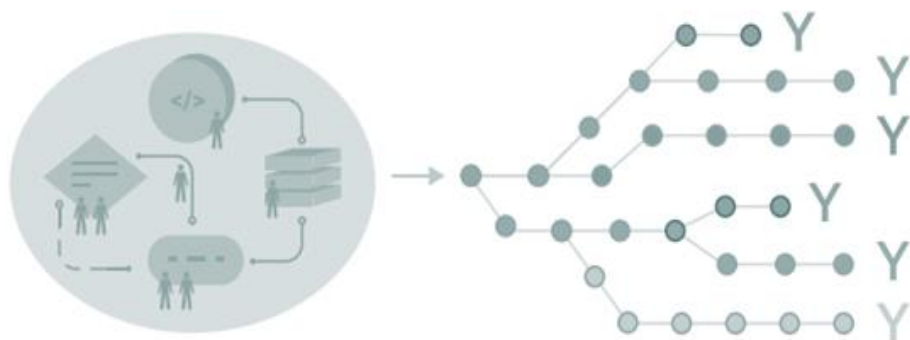


## Повышение маржинальности производства

за счет использования машинного  
обучение в задачах имитационного  
моделирования

# БИЗНЕС ЗАДАЧИ

- Сокращение брака / отклонения от параметров
- Сокращение затрат на повторное срабатывание продукции
- Разработка более маржинальной продукции за счет выбора оптимальных параметров технологических цепочек
- Сокращение издержек на материалы
- Выявление в цепочке создания ценности неэффективных элементов



# СОКРАЩЕНИЕ ЧИСЛА ОБРЫВОВ БОПП ПЛЁНКИ

Крупный нефтехимический холдинг, российский лидер по производству полимеров и каучуков



# ЗАДАЧИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ML МОДЕЛЕЙ

для управления качеством продукции



Идентификация ключевых параметров



Извлечение знаний о статистической значимости компонент процесса



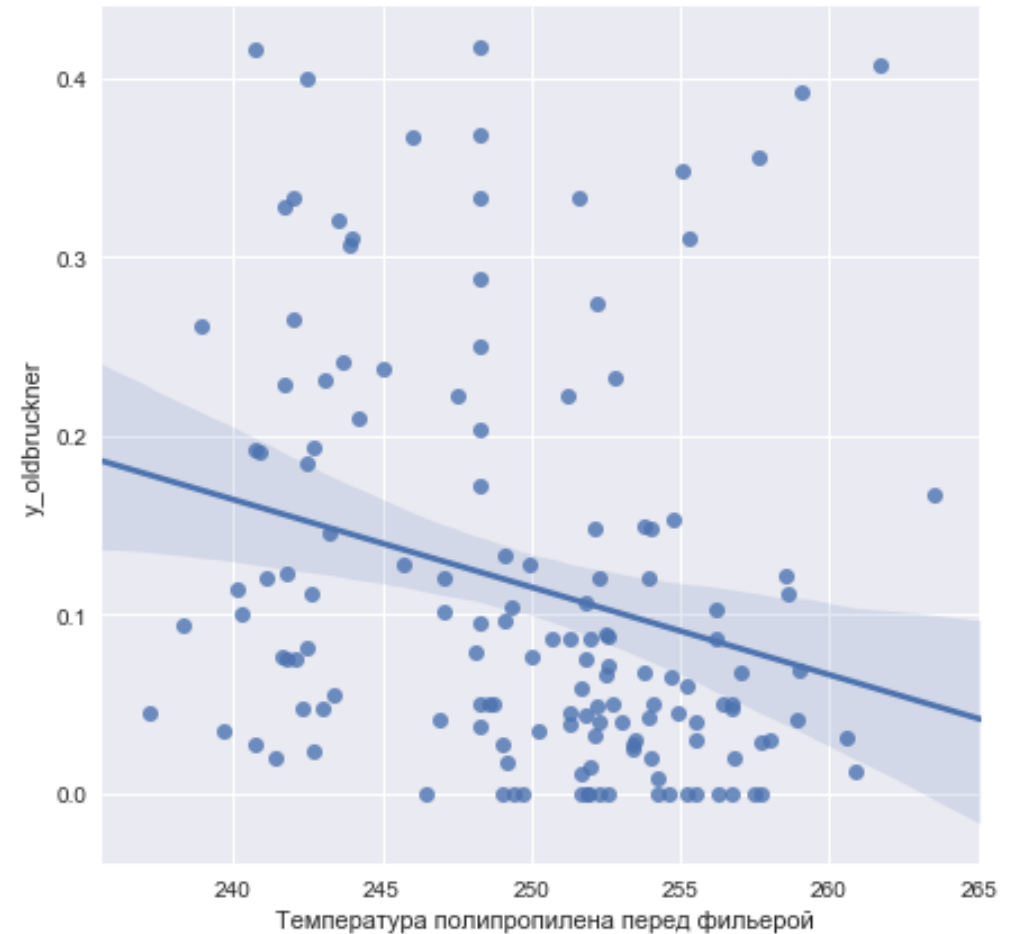
Создание решающих правил и интеграция их в бизнес-процессы



Введение ключевых показателей эффективности процессов



Проверка корректности рекомендаций модели физическому смыслу процесса



# МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ



## ПРОСТЫЕ МОДЕЛИ

- Модели регрессии
- Одиночные деревья

### Стандартные методы интерпретации

- Использовать структуру самой модели
- Воспользоваться статистическими методами для моделей регрессии
- Воспользоваться встроенными методами

### Создание бизнес-правил

- Разработка гипотез на результатах интерпретации
- Оценка статистической значимости гипотез
- Формирование рекомендаций на бизнес языке



## СЛОЖНЫЕ МОДЕЛИ

- Ансамблевые модели
- Нейронные сети

### Библиотека интерпретации дататех

- Интерпретация важности признаков модели: PFI и LOCO
- Методы оценки частичного влияния признаков: PDP и ICE
- Объяснение скоринга отдельно взятых объектов: LIME и SHAP



# ВИДЕОАНАЛИТИКА



## Бизнес задачи мониторинга прогресса работ

- Отслеживание хода работ в режиме реального времени и оценка отклонений от запланированного графика
- Оценка производительности рабочего по видам работ и сравнение с запланированными целями
- Отслеживание эффективности использования строительной техники для выявления узких мест
- Анализ фактических трудозатрат, используемых ресурсов и сравнение с плановой загрузкой
- Построение диаграмм Спагетти



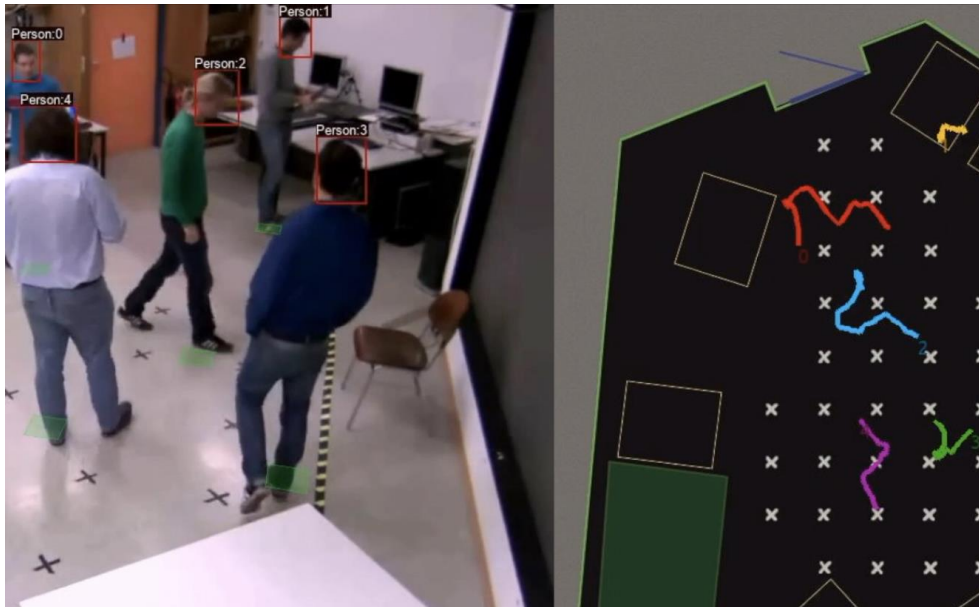
## Бизнес задачи мониторинга технологических операций, процессов и оборудования:

- Определение состояния оборудования
- Определение дефекта/брака изделия и полуфабриката
- Отслеживание перемещений (транспорта, технологической тары, сотрудников, продукции и материалов, ...)
- Измерительные операции (например, гранулометрия)
- Нормирование технологических операций
- Контроль технологических операций (например, контроль сварного шва)
- Формирование тепловых карт (посещаемость, вовлеченность, загруженность,...)

# ФРЕЙМВОРК ВИДЕОАНАЛИТИКИ

На базе технологий компьютерного зрения и высокоэффективной обработки потокового видео мы извлекаем смысловые признаки из видеоряда, обрабатываем полученную информацию в режиме реального времени и вычисляем целевые показатели.

- Детекция людей и объектов
- Трекинг объектов (сотрудников, МТЦ, продукции на всём жизненном цикле)
- Сегментация областей
- Планограмма и гомография
- Построение тепловых карт
- Ре-идентификация по лицу (FaceID)



# ПРЕИМУЩЕСТВА ФРЕЙМВОРКА ДАТАТЕХ

**>5 РАЗ**

Сокращение времени на подготовку данных. За счет автоматической предварительной разметки видеоряда моделью

**>3 раза**

Сокращение стоимости подготовки данных. За счет предоставления удобного инструмента разметки

**18 раз**

Сокращение стоимости обучения модели\*. За счет оптимизации архитектуры решения

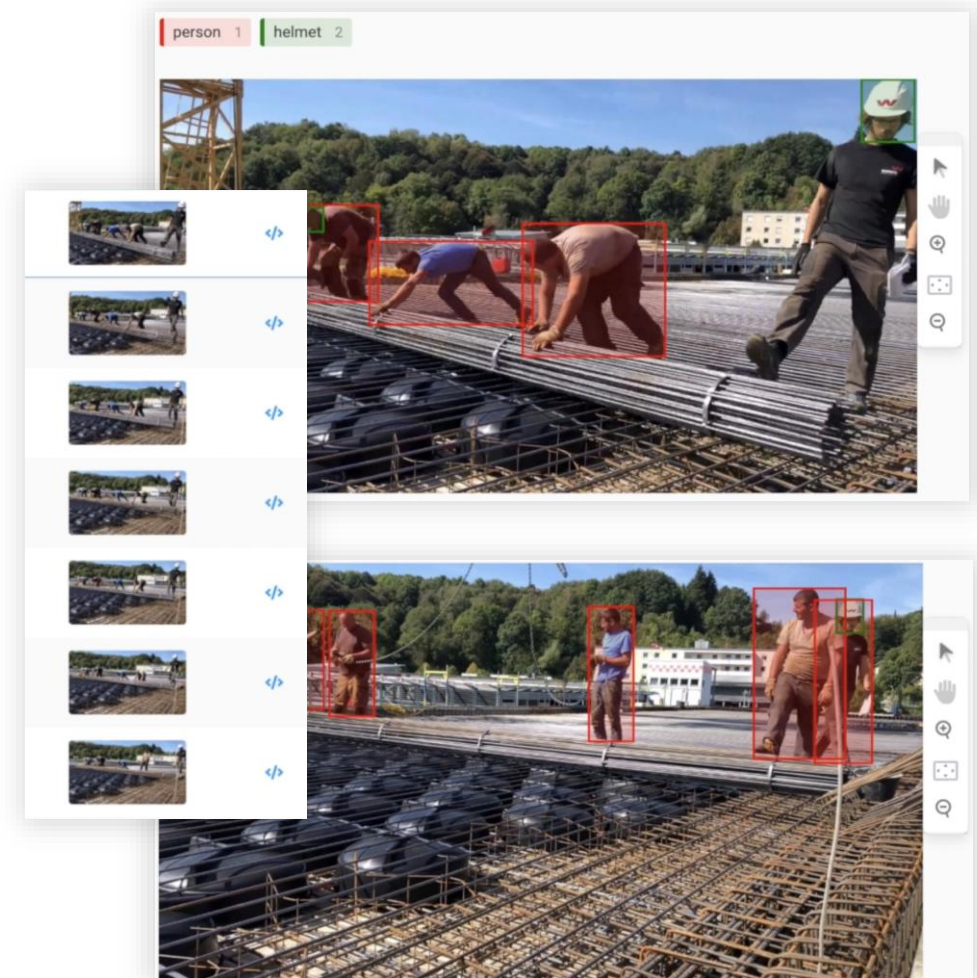
**30%**

Сокращение потребности в вычислительных ресурсах. За счет высокой эффективности распознавания

**<3 недель**

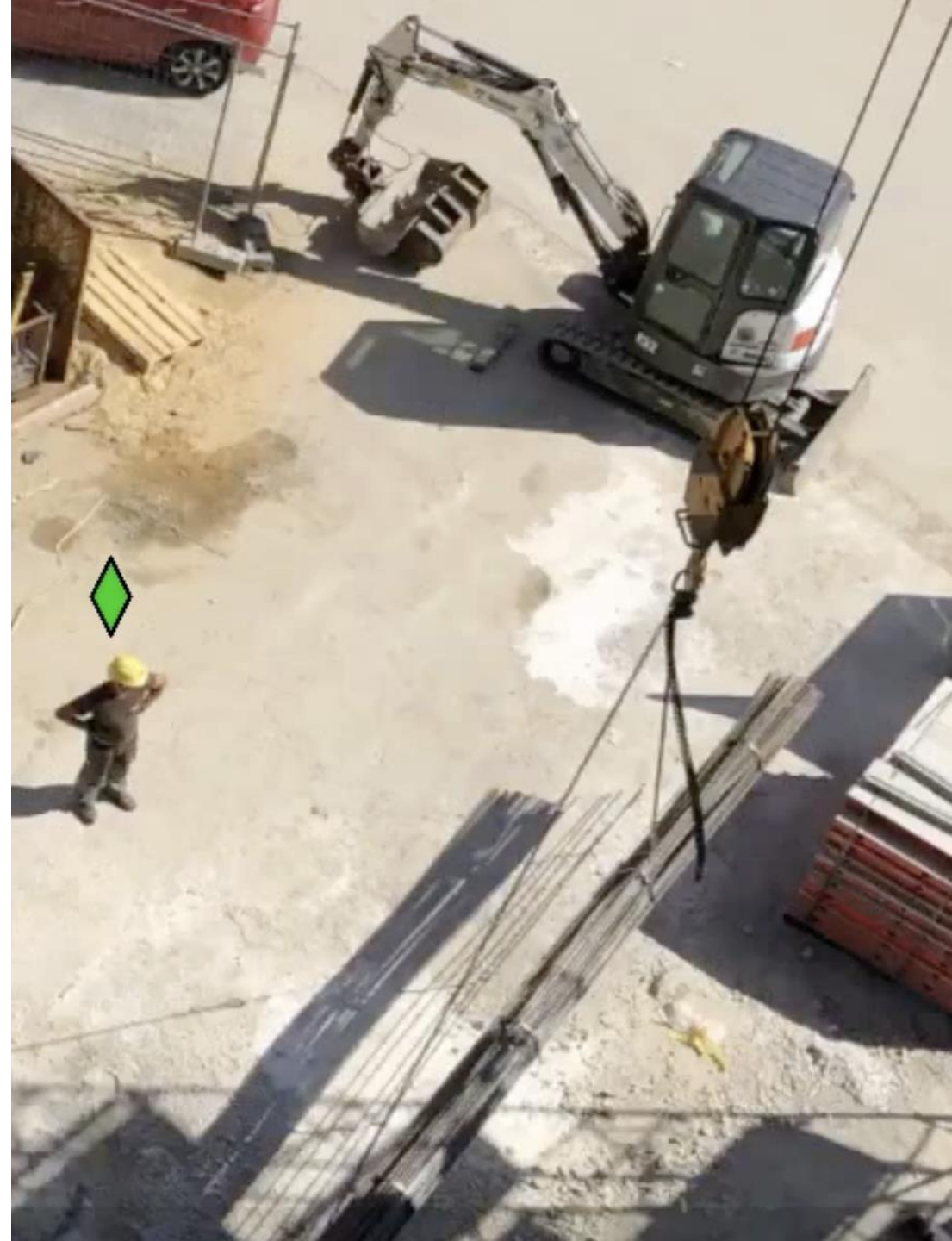
Для дообучения модели на специфичные (отсутствующий в фреймворке) средства индивидуальной защиты заказчика.

\*В облачной инфраструктуре, по сравнению с Azure.



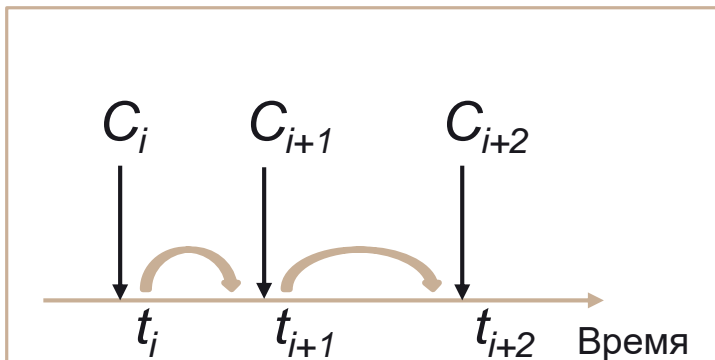
# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА РЕШЕНИЯ

- Возможность использования небольшого количества размеченных кадров для обучения модели
- Высокая точность распознавания даже на значительном удалении от камеры
- Низкие требования к разрешению картинки
- Исключение случайных срабатываний благодаря алгоритмам пост-обработки
- Возможность работы как в архитектуре облачных (Cloud computing), так и граничных (Edge computing) вычислений
- Анализ видеопотока в режиме реального времени



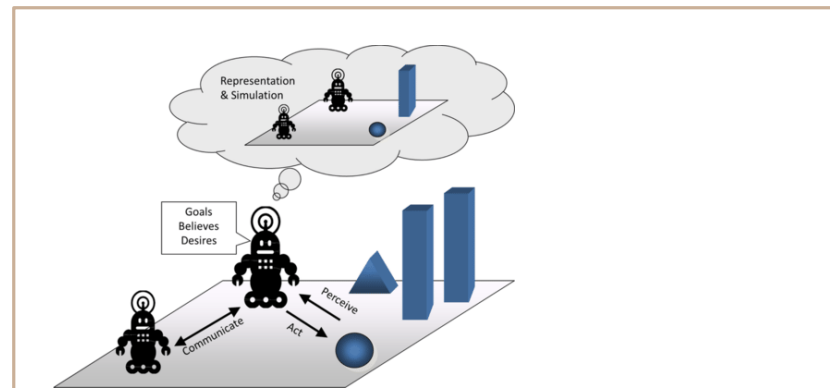
# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Подход, при котором реальная система с достаточной точностью подменяется логико-математической моделью с целью проведения численных экспериментов «прогонов», позволяющих постигать суть изучаемого явления или процесса путем имитации



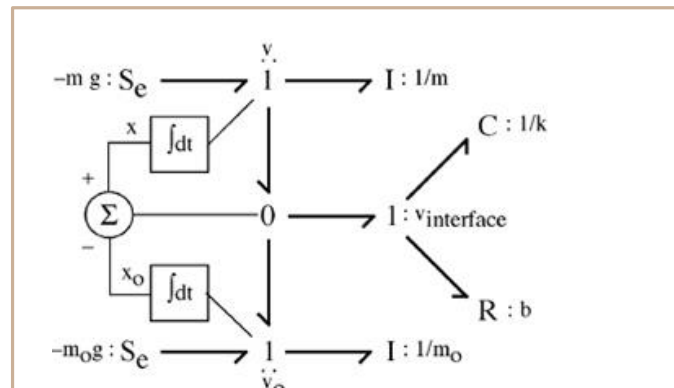
## Дискретно-событийное

На средне-низком уровне абстракции, фокусируется на системах, в которых необходимо выполнить последовательность операций или задач, как правило стохастические



## Агенто-ориентированное

На любом уровне абстракции и состоит из под-систем(локальных моделей), которые могут работать независимо или совместно. Поведение обычно описывается через состояния и через коммуникацию между агентами, как правило стохастические



## Системная динамика

на высоком уровне абстракции с меньшей детализацией, в обычно детерминированной среде, и с непрерывным моделированием времени

# МОДЕЛЬ УЧАСТКА КРУПНОГАБАРИТНОГО ЛИТЬЯ

## Дискретно-событийный тип модели

- Проверка исполнимости производственной программы автоматизированного участка / предприятия
- Выявление узких мест и ограничений в разработанной производственной программе
- Получение оценки коэффициента загрузки оборудования
- Оценка корректности приоритетов и правил загрузки вспомогательных ресурсов
- Оценка коэффициента утилизации рабочих мест
- Оценка ограничений, коэффициента влияния на пропускную способность предприятия
- Моделирование оптимальной производственной программы, учитывающей все выявленные особенности и ограничения производства



Номенклатурный код	Чертежный номер	Наименование в отрыве	Издание	Марка стали	Дис. запасы	шт	шт / факт	График производства отливок за декабрь 2011						Итого	
								1	2	3	4	5	6		
4041400101	1107_40414_001_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400102	1107_40414_002_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400103	1107_40414_003_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400104	1107_40414_004_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400105	1107_40414_005_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400106	1107_40414_006_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400107	1107_40414_007_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400108	1107_40414_008_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400109	1107_40414_009_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400110	1107_40414_010_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400111	1107_40414_011_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400112	1107_40414_012_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400113	1107_40414_013_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400114	1107_40414_014_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400115	1107_40414_015_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400116	1107_40414_016_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400117	1107_40414_017_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400118	1107_40414_018_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400119	1107_40414_019_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6
4041400120	1107_40414_020_01	БРЧБКА	МБ33053_700_11	307803	200	10	шт	1	1	1	1	1	1	1	6

Equipment status						
	Status	Mode	Location	X	Y	Destination
s1_1	Busy	loadSF		800	267	N 5
s1_2	Free	loadSF		920	267	N 4
l	movingEmpty	Stop	GR5_2	1100	372	NULL
s3	Free	loadS		860	372	N 3
s4	Free	Unloaded		1250	372	N 0
s5_1	Busy	loadSF		1160	372	N 1
s5_2	Busy	loadSF		1100	372	N 2
s5_3	Free	Unloaded		1040	372	N 0
s5_4	Free	Unloaded		980	372	N 0
s5	movingEmpty	Stop	TPH0	530	372	NULL
s6	Free	Unloaded		800	372	N 0
s7	Free	Unloaded		700	372	N 0
truck	movingEmpty	Stop	TPH0	533	372	GPS
s9_1	Free	Unloaded		680	208	N 0
s9_2	Free	Unloaded		620	208	N 0
s9_3	Free	Unloaded		560	208	N 0
s13	Free	Unloaded		390	208	N 0
h20	Crash	Stop	GPS	1250	133	NULL
T2	movingEmpty	Stop	TPH2_GP	495	372	NULL
hVG	movingEmpty	Stop	TPHVG_12	495	610	NULL
truck3	movingEmpty	Stop	GPS_3	495	200	NULL



# РЕКОМЕНДАЦИЯ РЕЛЕВАНТНОГО ДЕЙСТВИЯ ОНЛАЙН

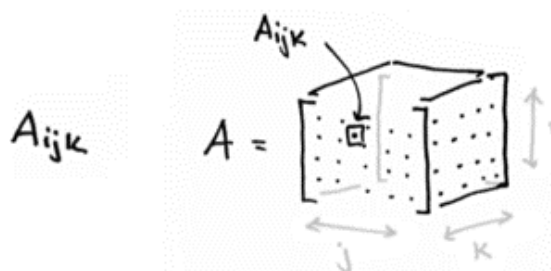
## Агенти-ориентированный тип модели

Выбор действия, как ответ на производственную ситуацию с целью соблюдения баланса интересов

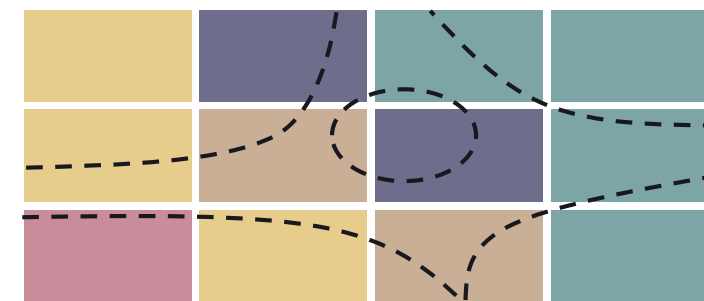
### Профиль ресурса и окружения



### Представление профиля оборудования и его истории



### Карта возможных действий



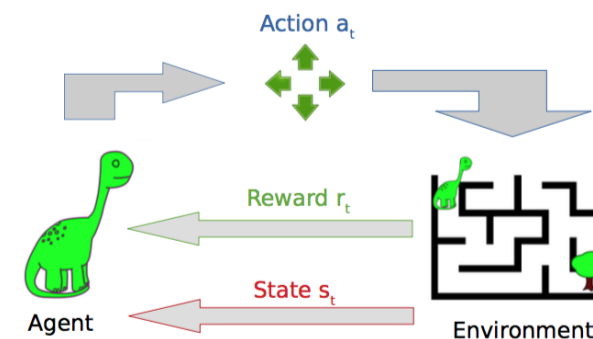
### Метод обучения с подкреплением

Позволяет найти оптимальную в соответствии с вознаграждением стратегию поведения в неизвестной среде

Основан на поощрении желательного поведения и наказании нежелательного

### Процесс адаптации

- Получение текущего состояния
- Выбор действия в соответствии с текущим состоянием и опытом
- Интерпретировать успех или неудачу после выполнения действия
- Накопление полученного опыта
- Повторять шаги



# ДОРОЖНАЯ КАРТА



\*Визуальные образы взяты с ресурса [anylogic.com](http://anylogic.com)



# МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА



\*Визуальные образы взяты с ресурса [anylogic.com](http://anylogic.com)

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



**Сергей Громов**

Руководитель отдела  
анализа данных



**Владислав Глазунов**

Главный  
аналитик данных