

ФОРСАЙТ  
2010  
КОНФЕРЕНЦИЯ

## Оптимизация производственной деятельности: построение математических моделей при помощи инструментов продвинутой аналитики компания «Форсайт»

Максим Перлов, директор департамента аналитики  
и математического моделирования компании «Сапран»

# РЕШАЕМЫЕ БИЗНЕС ЗАДАЧИ



Финансово-  
экономическое  
моделирование



Анализ и  
прогнозирование  
спроса



Оптимизация  
производственной  
программы



Оптимизация  
логистических  
цепей



Оптимизация плана  
работ по замене и  
ремонту оборудования



Оптимизация  
инвестиционной  
программы

# ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Результат реализации модели** - прогнозирование результатов финансово-хозяйственной деятельности группы компаний по различным сценариям по принципу «что будет, если...»

## Какие факторы учитываются в модели?

- внутренние: ретроспективный анализ финансово-хозяйственной деятельности, производственные мощности, планы развития группы компаний, кредитные обязательства и т.д.;
- внешние (макроэкономических, рыночных): ставки налогов, инфляция, обменный курс рубля, процентные ставки по кредитам, спрос на рынке, сезонность, и т.д.



Проекты



# АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА

## Особенности:

- / Прогнозирование объема спроса на основе разнообразных алгоритмов и методологий для всех типов товаров: постоянного (FMCG) и спорадического (Intermittent) потребления, с коротким жизненным циклом, сезонных, трендовых, с неравномерным и спонтанным спросом
- / Сегментация потребителей (по объемам закупа, по составу покупаемой продукции, по территориальному признаку и т.д.)
- / Учет маркетинговых активностей, эффектов изменения цены, каннибализации
- / Мониторинг и анализ платежеспособности ключевых групп потребителей, в том числе анализ опережающих индикаторов (например, объем и динамика задолженности по кредитам)
- / Использование методов статистического анализа и методов машинного обучения из библиотеки Форсайт. Аналитическая платформа

## Проекты



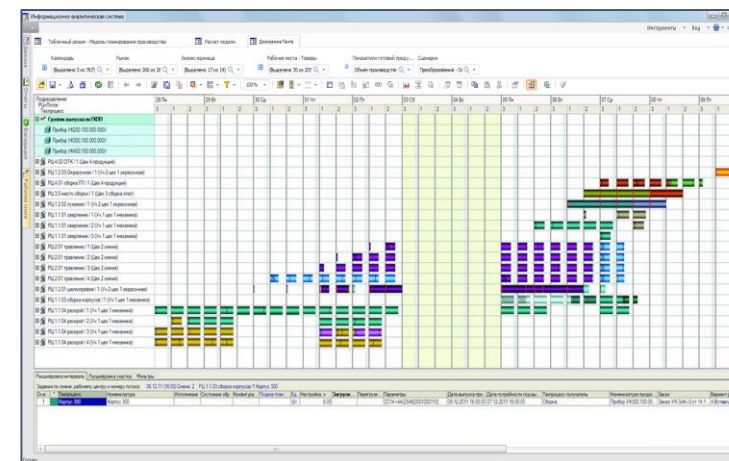
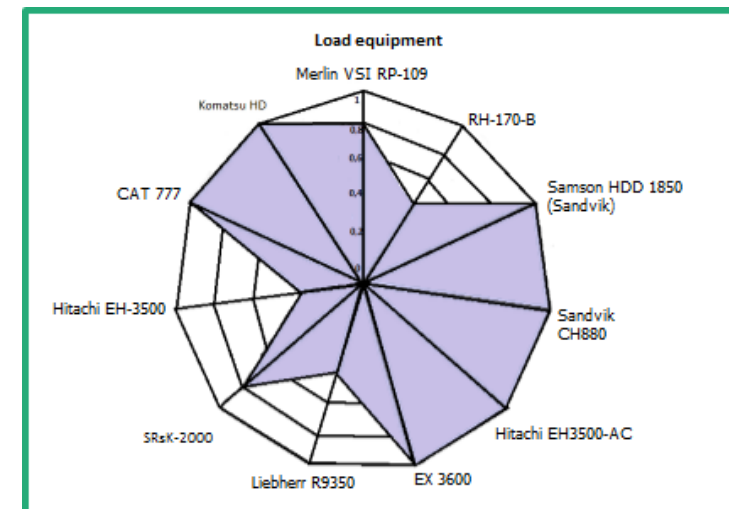
# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

## Цель:

Построение (создание) и оптимизация календарных планов производства

## Результат:

Оптимальные производственные планы, повышающие эффективность использования ресурсов и производственных мощностей компании, позволяющие уменьшить незавершенное производство



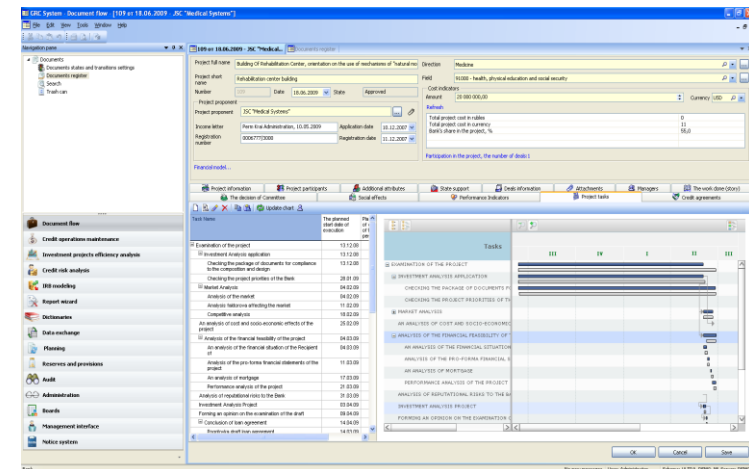
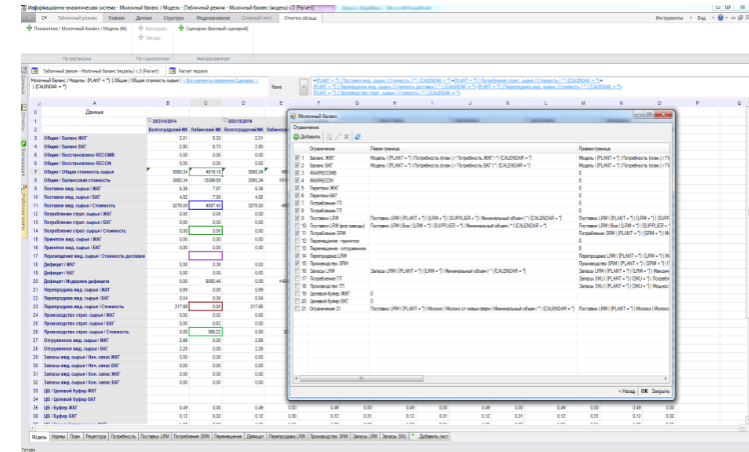
## Проекты



# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ

## Особенности:

- /// Составление производственного плана одного/нескольких предприятий (бизнес-единиц)
- /// Динамическая коррекция потребностей в ресурсах
- /// Формирование оптимального производственного плана в многоуровневых и многовариантных BOM (для производства какого-то материала могут использоваться различные спецификации: замены, альтернативы)
- /// Применение методов оптимизации (в т. ч. на основе экспертных систем) с заданными целевыми функциями (одной или нескольких – многокритериальная оптимизация) и, например, ограничениями:
  - /// на материальные ресурсы в виде сырья/материалов/компонентов
  - /// на мощности производства оборудования и производственных линий
  - /// на человеческие ресурсы
- /// Достижение целевых уровней ключевых показателей KPI



## Проекты



# ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

## Цель:

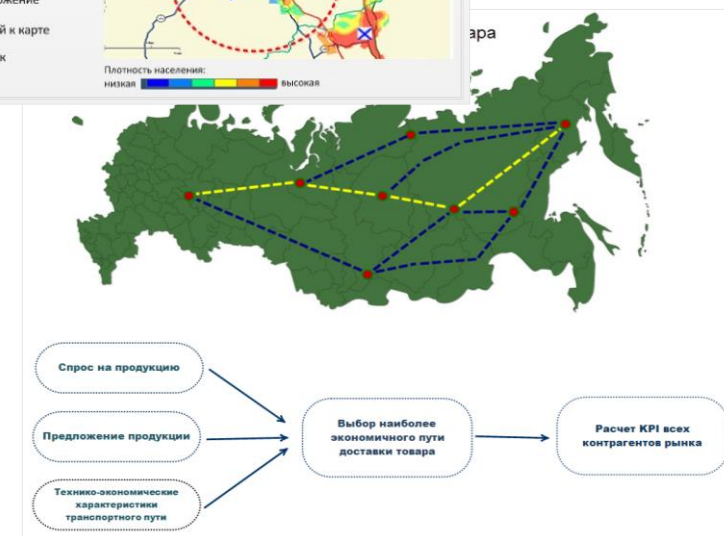
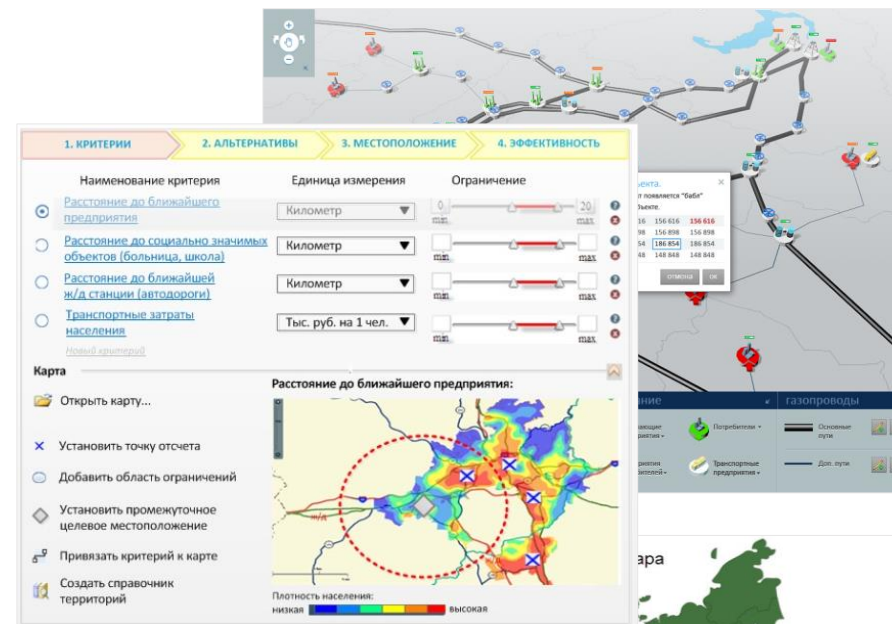
Построение оптимального и синхронизированного плана товарно-материальных потоков по всей логистической сети

## Результат:

Получение экономически эффективного решения (плана) по:

- /// поставкам сырья
- /// производству готовой продукции
- /// распределению сырья и готовой продукции, продажам готовой продукции

## Проекты



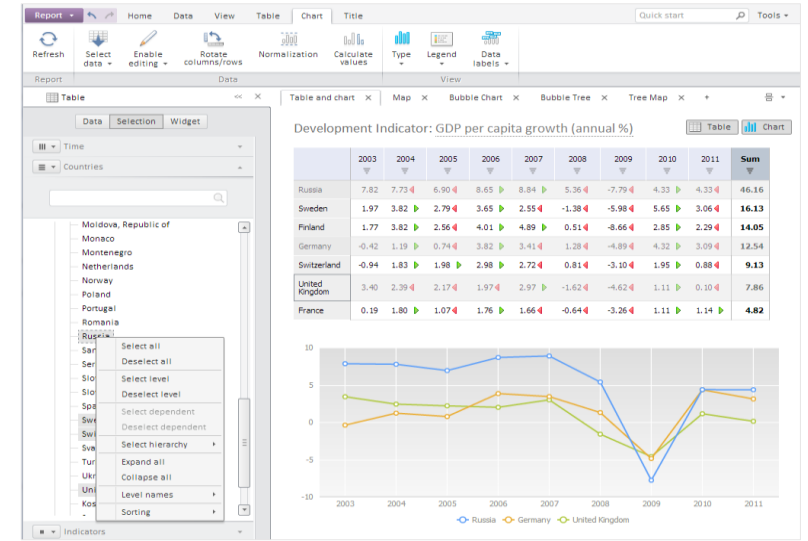


# ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

## Особенности:

- /// Планирование процессов закупки, производства, распределения в рамках глобальной логистической модели
- /// Снижение издержек на закупку сырья/ материалов/ компонентов на внешнем рынке
- /// Снижение издержек на хранение стоков сырья/ материалов/ компонентов
- /// Оптимизация транспортных расходов на перемещение материалов и компонентов между распределительными центрами и конечными потребителями
- /// К модели логистической сети применяются методы оптимизации с заданными целевыми функциями (многокритериальная задача) и, например, ограничениями:
  - /// на доступность компонентов и материалов на внешнем рынке
  - /// на наличие стоков компонентов и материалов на складах
  - /// на перемещения между распределительными центрами и потребителями
- /// Проведение WHAT-IF анализа и разработка типовых сценариев работы сети

## Проекты



Product	Region	2010				2011			
		Qty	Value	Cost	Profit	Qty	Value	Cost	Profit
Сладкий чай	Монголия	7 028 000	7 028 000	0.077	0.026	7 028 000	7 028 000	0.077	0.026
	США	7 028 000	7 028 000	0.077	0.026	7 028 000	7 028 000	0.077	0.026
Сладкий чай	Монголия	11 962 000	11 962 000	0.078	0.023	11 962 000	11 962 000	0.078	0.023
	США	11 962 000	11 962 000	0.078	0.023	11 962 000	11 962 000	0.078	0.023



# ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА РАБОТ ПО ЗАМЕНЕ И РЕМОНТУ ОБОРУДОВАНИЯ

Определение оптимального плана ремонта и замены оборудования, используемого в основной производственной деятельности компании

## Факторы:

- Особенности жизненного цикла оборудования
- Ограничения для финансовых, материальных и производственных ресурсов
- Возможные зависимости типов оборудования при выполнении ремонта или замены

## Цели:

- Снижение суммарных издержек
- Максимизация времени наработки на отказ
- Полное использование имеющихся ресурсов
- Максимизация выработки ресурса оборудования с сохранением заданных параметров отказоустойчивости

			2015M01	2015M02	2015M03	2015M04	2015M05	2015M06	2015M07	2015M08	2015M09	2015M10	2015M11	2015M12
			₽	₽	₽	₽	₽	₽	₽	₽	₽	₽	₽	₽
Ремонт теплового ТЭМ-2	График ремонта	тепловое ТЭМ-1БДМ 3061	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		тепловое ТЭМ-2 551	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		тепловое ТЭМ-2 2430	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		тепловое ТЭМ-2 3341	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		тепловое ТЭМ-2 6616	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
		тепловое ТЭМ-2 8350	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
		тепловое ТЭМ-2 8485	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
		тепловое ТЭМ-2 8547	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		тепловое ТЭМ-2 8704	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## Проекты



# ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ

## Цели:

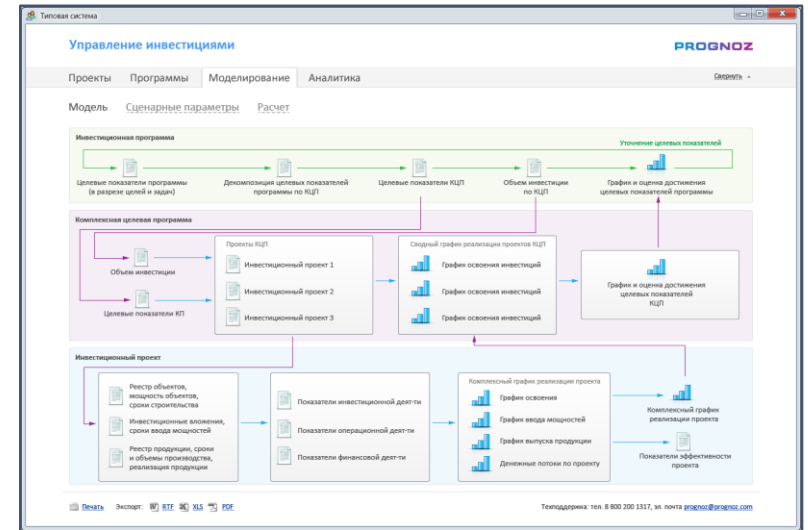
Поиск оптимального инвестиционного портфеля с учетом различного рода ограничений:

- /// по показателям конъюнктуры рынка
- /// по внутренним финансово-экономическим показателям (бюджетные ограничения)
- /// по связанности инвестиционных проектов
- /// по обязательности включения инвестиционных проектов в портфель
- /// по производственным мощностям и др.

## Результат:

Рекомендованная оптимальная программа по реализации инвестиционных проектов

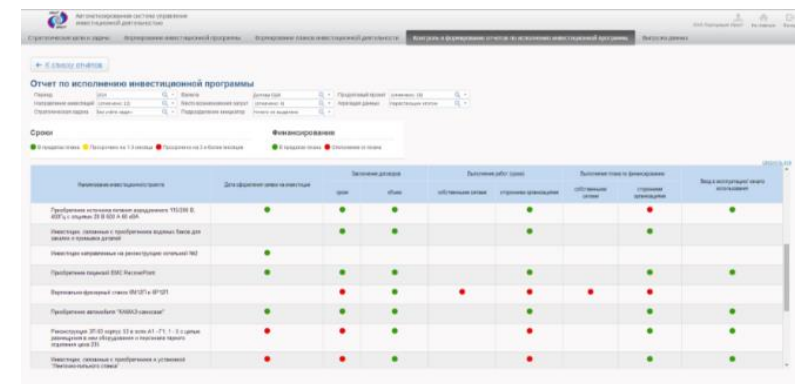
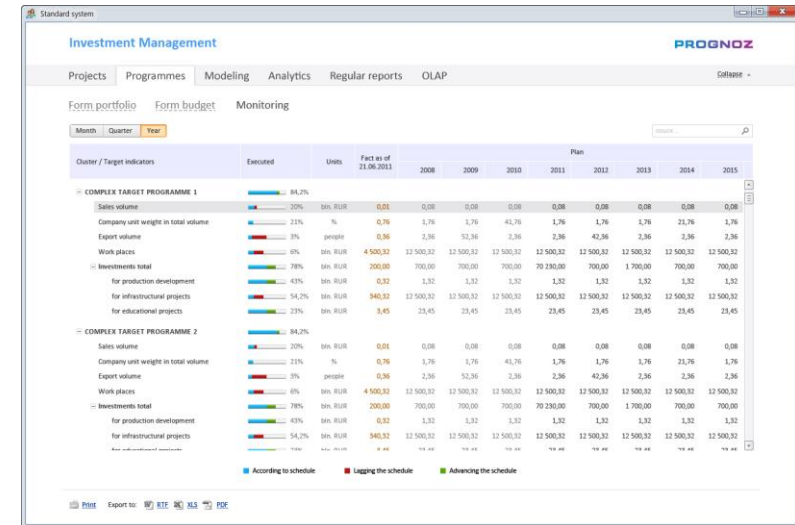
## Проекты



# ОПТИМИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ

## Особенности:

- Учитываются различные классы инвестиционных проектов: покупка активов, капитальные ремонты, расширение производства и др.
- Анализ эффективности инвестиционных проектов осуществляется по KPI
- Реализована возможность оценки влияния инвестиционных проектов на мощности производства и пр.
- Для оптимизации используются синтез следующих подходов: сценарное, имитационное моделирование и задачи оптимизации



## Проекты



# ПРЕИМУЩЕСТВА ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ

- /// Подтвержденный экономический эффект(\*), достигаемый за счет используемой в основе предлагаемого решения математической оптимизационной модели, которая позволяет находить наиболее эффективные решения
- /// Повышение прозрачности и оперативности принимаемых решений за счет использования сценарного анализа, позволяющего проигрывать различные варианты и оперативно принимать экономически обоснованные управленческие решения
- /// Снижение рисков от ухода ключевых сотрудников, которые занимаются планированием - вся методика будет автоматизирована, в случае ухода специалистов, занимающихся планированием, «методика не уйдет вместе с ними»
- /// Невысокая по сравнению с зарубежными аналогами стоимость владения
- /// Наличие уникального российского прогнозно-аналитического инструментария Форсайт, интегрированного с хранилищем данных и поддерживающего сценарный подход

\* - подтвержденный экономический эффект от внедрения решения в группе компаний Danone в России составил 1,5%, что позволило окупить систему менее, чем за 1 год



Примеры  
реализованных  
проектов



# ОПЫТ РЕШЕНИЯ АНАЛОГИЧНЫХ ЗАДАЧ



Система анализа и прогнозирования спроса  
Система планирования молочного баланса



Модели планирования операционной деятельности предприятий группы «ERG»



Система моделирования и оптимизации производственных процессов АО «АтомРедМетЗолото»



Система оптимизации металлургического производства



Модель энергопотребления для ОАО «ИНТЕР РАО»



Формирование планов ремонта участков ж/д сети  
Формирование маршрутов перевозки негабаритных грузов



Модели прогнозирования количества инцидентов и сотрудников службы охраны в больничных комплексах США (HSS US)



# Кейс Danone



# КЕЙС DANONE

Система анализа и прогнозирования спроса



Система планирования молочного баланса

## Задачи:

- /// Прогнозирование спроса в разрезе SKU/канала продаж/склада/клиента
- /// Расчет исторической базовой линии, аплифтов и др.
- /// Учет и предсказание эффектов трейд-маркетинговых (ТМА) и сбытовых активностей
- /// Учет и предсказание эффектов сезонности/тренда
- /// Учет и предсказание эффектов от изменений цен на продукцию (Price Increase/Price Decrease)

## Задачи:

- /// Формирование оптимальной и сбалансированной производственной программы в разрезе SKU/ производственной площадки
- /// Формирование складских запасов сырья и готовой продукции для обеспечения потребности в будущих периодах
- /// Подбор оптимальной рецептуры производства исходя из качественных и ценовых характеристик сырья
- /// Формирование оптимального логистического плана перемещения сырья между площадками

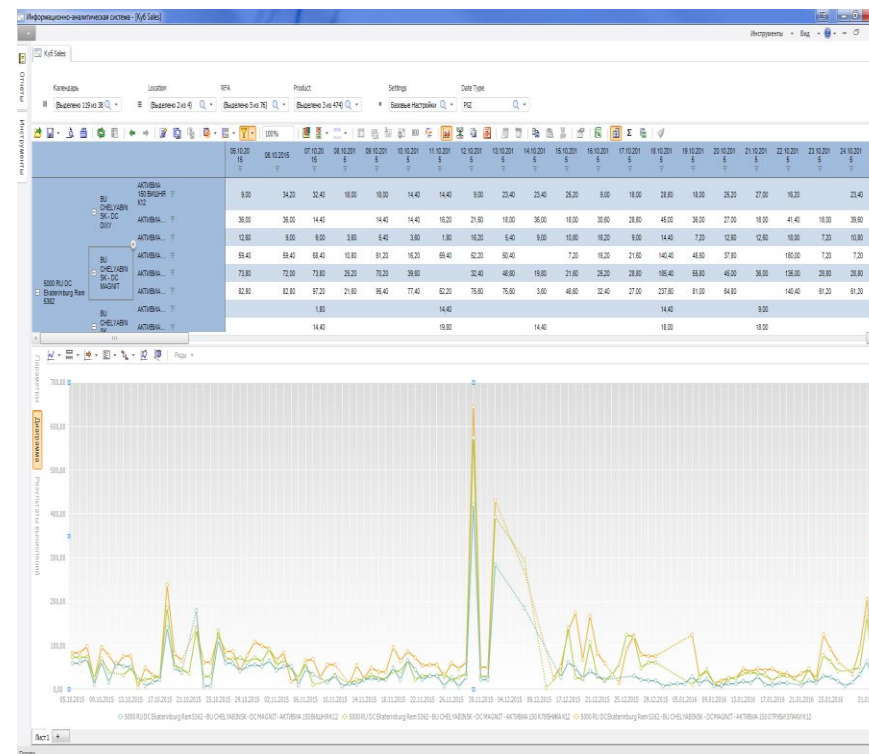
# СИСТЕМА АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДАЖ DANONE

## Цель:

Автоматизированное решение задач анализа и прогнозирования первичных продаж молочной продукции

## Особенности:

- /// Производитель: в пищевой отрасли с товарами, имеющими короткие и длительные сроки хранения
- /// Имеет разветвлённую структуру складов (по регионам)
- /// Каналы продаж: прямые (direct) и непрямые (indirect)
- /// Клиенты: национальные и локальные сети и дистрибьюторы (National & Local Retailers & Distributors)
- /// Горизонты планирования: краткосрочный (Short-Term) 6-10 недель с детализацией до дней, долгосрочный (Long-Term) 12-18 месяцев с детализацией до недель/месяцев
- /// Система охватывает более 50 складов, 20 регионов, около 3000 клиентов и более 1000 SKU
- /// Более 1,5 млн уникальных комбинаций Склад/Клиент/SKU/Тип даты (это может быть дата отгрузки или дата готовности материалов)
- /// История дневных продаж за 3 года (более 700 млн наблюдений)



# СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ МОЛОЧНОГО БАЛАНСА DANONE

## Цель:

Динамическая оптимизация издержек на недельном, месячном и годовом горизонтах планирования по 22 промышленным площадкам.

## Результат:

Оптимальные

- /// план закупок сырья («молочный баланс»)
- /// план производства и рецептура
- /// план транспортировки

## Ограничения:

- /// на логистические возможности (количество и вместимость)
- /// на объемы поставок сырья
- /// на возможности замещения сырья
- /// на производственные возможности
- /// на объемы складских запасов
- /// сезонности

Структура модели



## Ключевые характеристики модели:

- /// более 1 млн ограничений
- /// более 100 тыс. управляющих переменных
- /// более 1 млн формул



# Кейс ERG



# О КОМПАНИИ ERG

ERG является одной из ведущих в мире групп в сфере добычи и переработки минеральных ресурсов с интегрированными, добывающими, перерабатывающими, энергетическими и логистическими предприятиями



ERG представляет более 4% ВВП



ERG составляет треть горно-металлургического сектора Республики Казахстан



Свыше 62 000 сотрудников

## Основные группы выпускаемой продукции

- /// хромовые сплавы (2-й в мире производитель хромовых сплавов по объемам производства и поставок)
- /// концентрат хромовой руды (3,7 млн тонн добываемой и перерабатываемой хромовой руды в год не имеет в мире аналогов по качеству)
- /// концентрат марганцевой руды (360 тыс. тонн в год)
- /// железорудные концентрат и окатыши (40 млн тонн железной руды, 8 млн тонн товарного железорудного концентрата, 7 млн тонн товарных железорудных окатышей в год)
- /// глинозем (1,4 млн тонн в год)
- /// алюминий (250 тыс. тонн алюминия высочайшего качества в год)
- /// уголь (29 млн тонн в год)
- /// электроэнергия (16 млрд. кВтч в год - 17% всей вырабатываемой в стране электроэнергии)
- /// ферросплавы

# СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО И СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ERG

## Назначение системы:

Оперативное и стратегическое планирование, а также оптимизация производственной и инвестиционной деятельности компании ERG

## Критерий оптимизации:

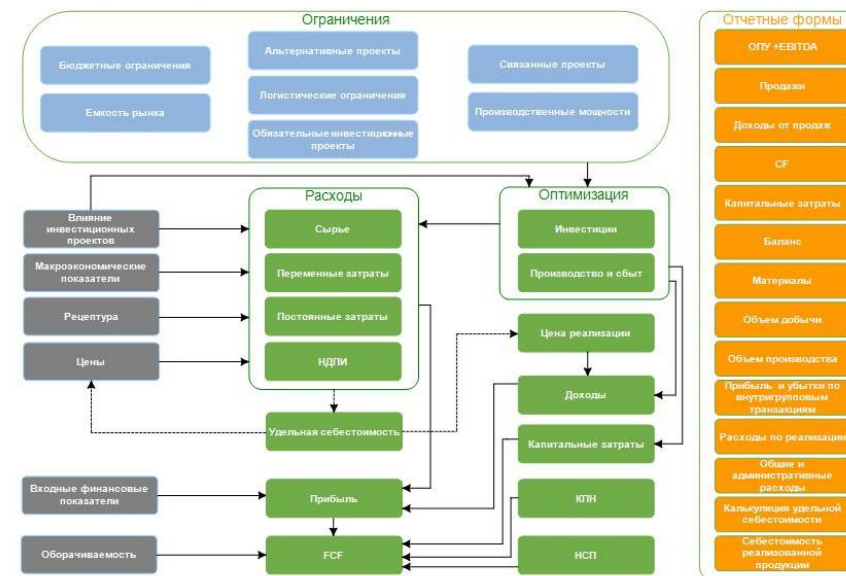
Максимизация суммарной дисконтированной прибыли на планируемый период

## Результат:

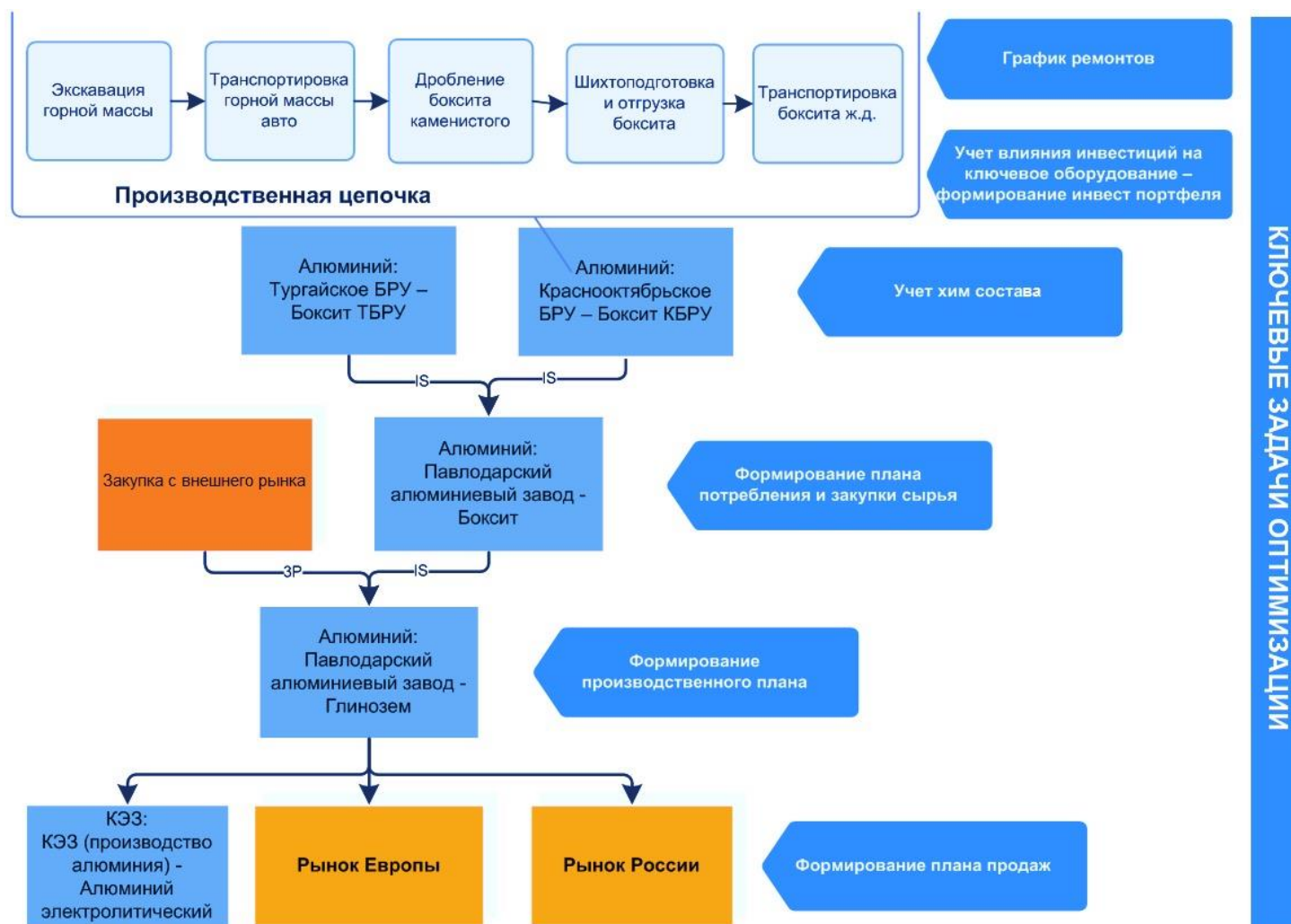
Оптимальные

- /// план продаж
- /// план производства
- /// план ремонтов
- /// инвестиционная программа
- /// план потребления основных материалов и сырья
- /// план по персоналу
- /// план закупок

Модель оптимизации ERG



# КЛЮЧЕВЫЕ ЗАДАЧИ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ





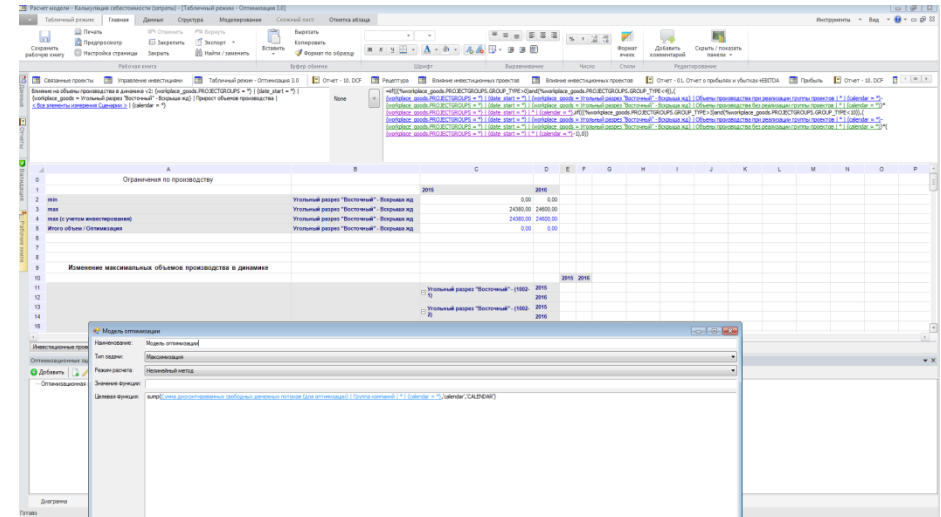
# КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

## Охват системы:

- /// Система охватывает более 30 заводов компании «ENRC» по 200 производственным переделам, по 5 000 инвестиционным проектам, по 150 товарам.
- /// Система учитывает более 50 тыс. ограничений на инвестиционный бюджет, на производственные мощности, на логистику, на спрос и т.д.
- /// Полный расчет на 5 лет вперед занимает 15 минут

## Особенности реализованной модели:

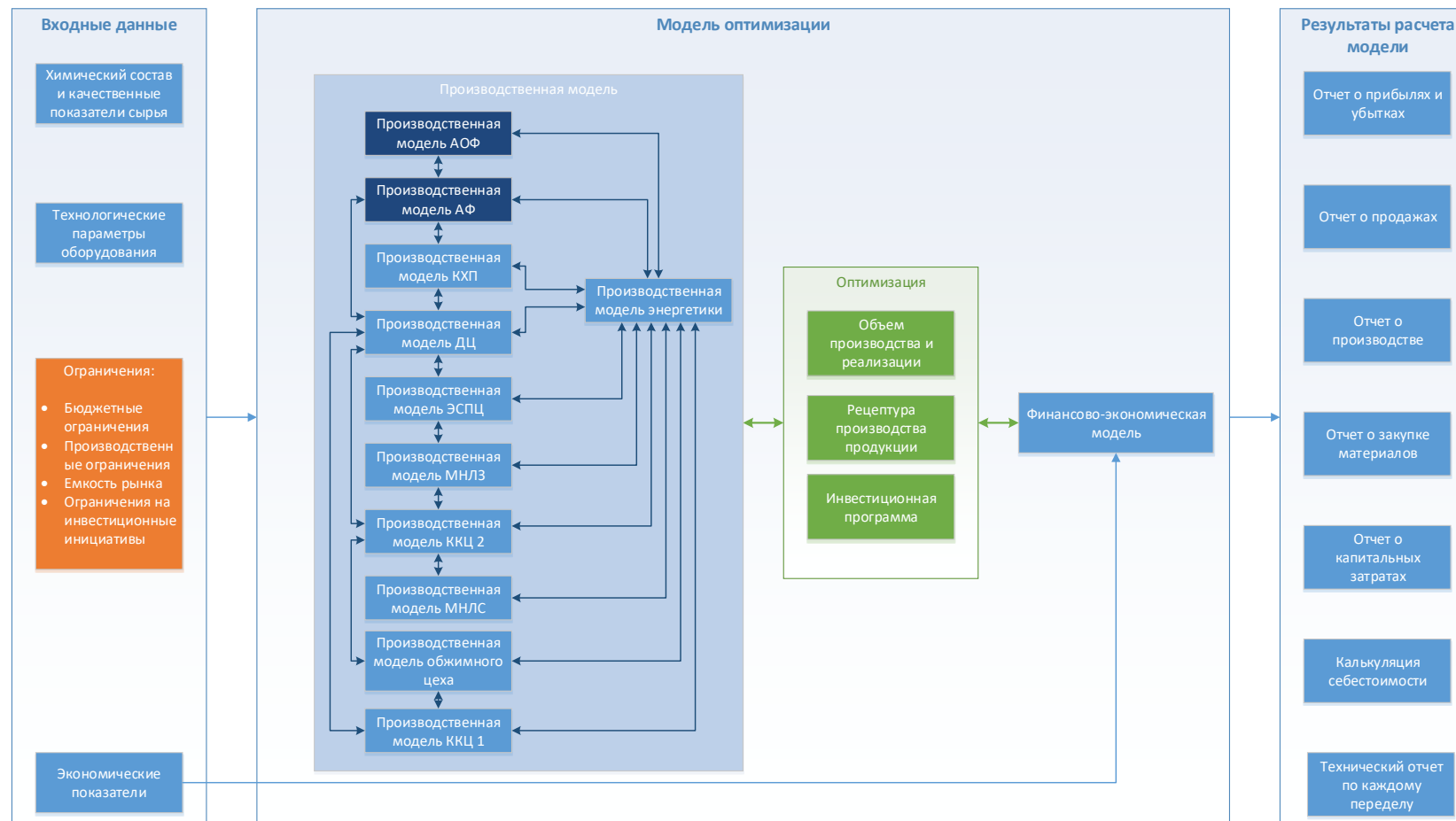
- /// Два режима расчета модели
  - /// Прямой счет (план производства и продаж, инвестиционный план полностью или частично фиксируются)
  - /// Оптимизация (план производства и продаж, инвестиционный план формируется в результате решения математической модели оптимизации)
- /// Два режима формирования производственного плана
  - /// Снизу-вверх (от «горы» до готовой продукции)
  - /// Сверху-вниз (от готовой продукции до «горы»)



- /// Два типа ремонтов
  - /// Капитальный ремонт (с возможностью сдвига периода ремонта и полного отказа от него)
  - /// Текущий ремонт, график которого фиксирован
- /// Учет химического состава используемого сырья
- /// Сценарный подход, обеспечивающий возможность «проигрывать» различные варианты по принципу «что будет, если...»



# СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ КОМПАНИИ ЕВРАЗ



## Назначение системы:

- Комплексная оптимизация всех переделов металлургического производства от сырья до полуфабрикатов
- Оптимизация производственной программы каждого передела с учетом текущих рыночных факторов (стоимость сырья, готовой продукции и стоимость трансформации) в планированном периоде.

# СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ «АТОМРЕДМЕТЗОЛОТО»

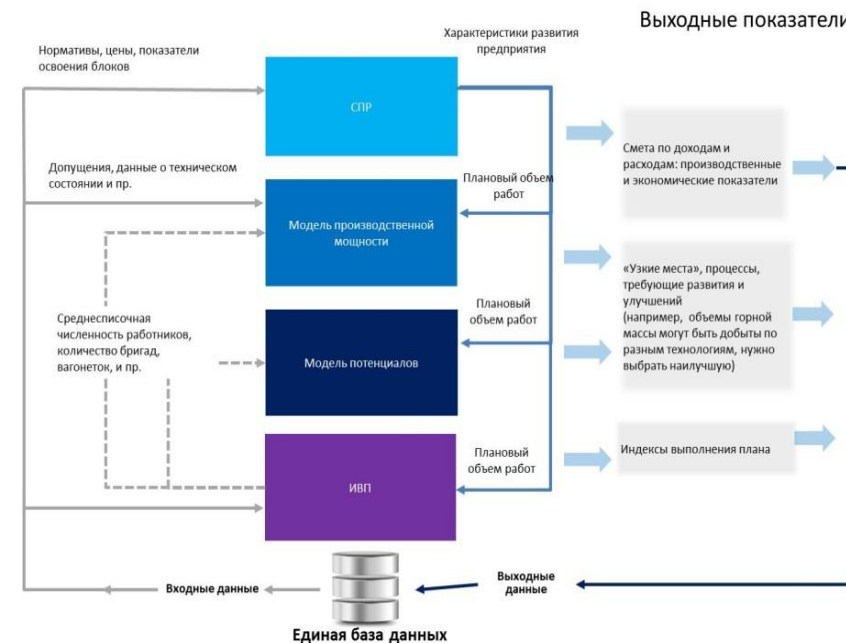
## Цель:

Моделирование, прогнозирование и оптимизация производственных процессов компании до 2050 года.

## Результат:

- /// Модель среднесрочной программы развития (СПР) позволяет прогнозировать производственные показатели и формировать смету расходов
- /// Модель потенциалов и модель производственной мощности позволяют определить максимальные объемы производства и определить узкие места (ограничители плана)
- /// Модель индекса выполнения плана (ИВП) позволяет оценить достижения KPI
- /// Оптимизационная модель решает задачу максимизации прибыли с учетом технологических ограничений

Модель включает в себя 350 блоков, 3 500 расчетных показателей по каждому блоку, 200 000 формул по каждому блоку.



Комплекс разработанных моделей хозяйственно-экономической деятельности

# ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНОВ РЕМОНТА УЧАСТКОВ Ж/Д СЕТИ (VANEDANMARK)

## Ключевые задачи:

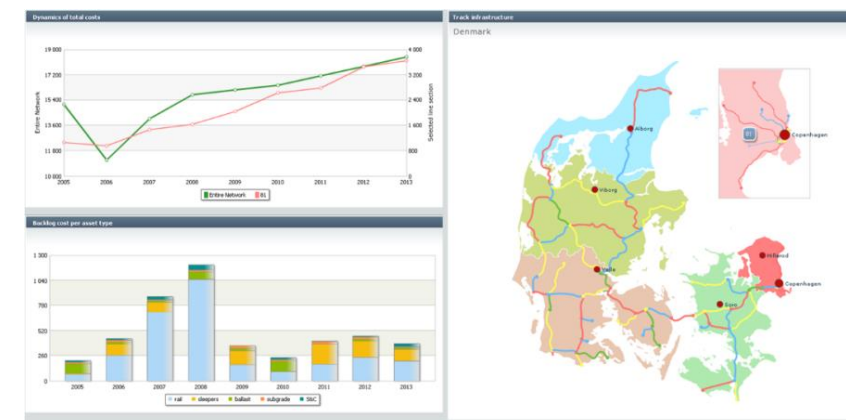
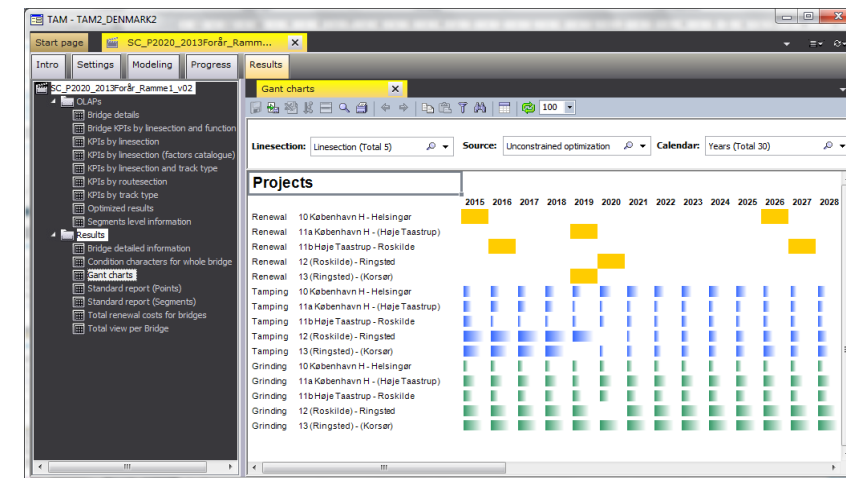
- /// Прогнозирование и оптимизация ежегодных объемов деятельности и средств, необходимых для поддержания или возобновления системы путевой инфраструктуры в течение длительного промежутка времени
- /// Оценка недофинансирования
- /// Оценка эффективности управленческих решений
- /// Мониторинг ключевых показателей, характеризующих состояние путевой инфраструктуры
- /// Создание и заполнение хранилища данных

## Основная цель – минимизация:

- /// затрат на ремонтные работы (ремонт рельсов, шпал, балласта и т.д.)
- /// потерь, связанные с TSR
- /// потерь ликвидационной стоимости

## Особенности задачи:

- /// Задача оптимизации включает в себя более 5 млн неизвестных и тысячи ограничений
- /// Дискретная природа неизвестных
- /// Нелинейный характер основных зависимостей







Спасибо  
за внимание!