

**Современные технологии
комплексного планирования и nD-моделирования
масштабных промышленных проектов**

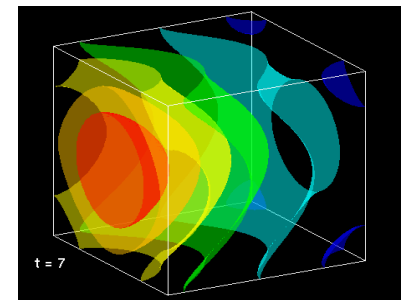
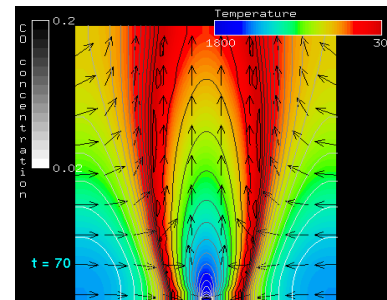
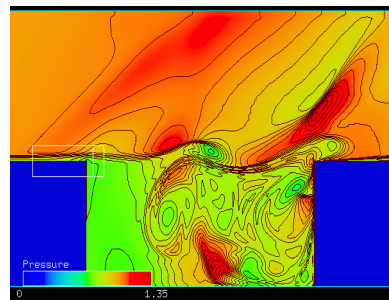
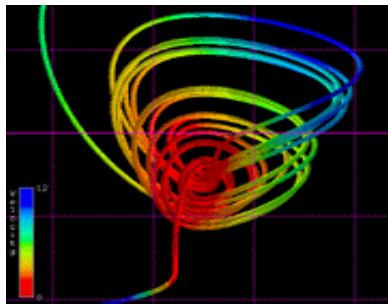
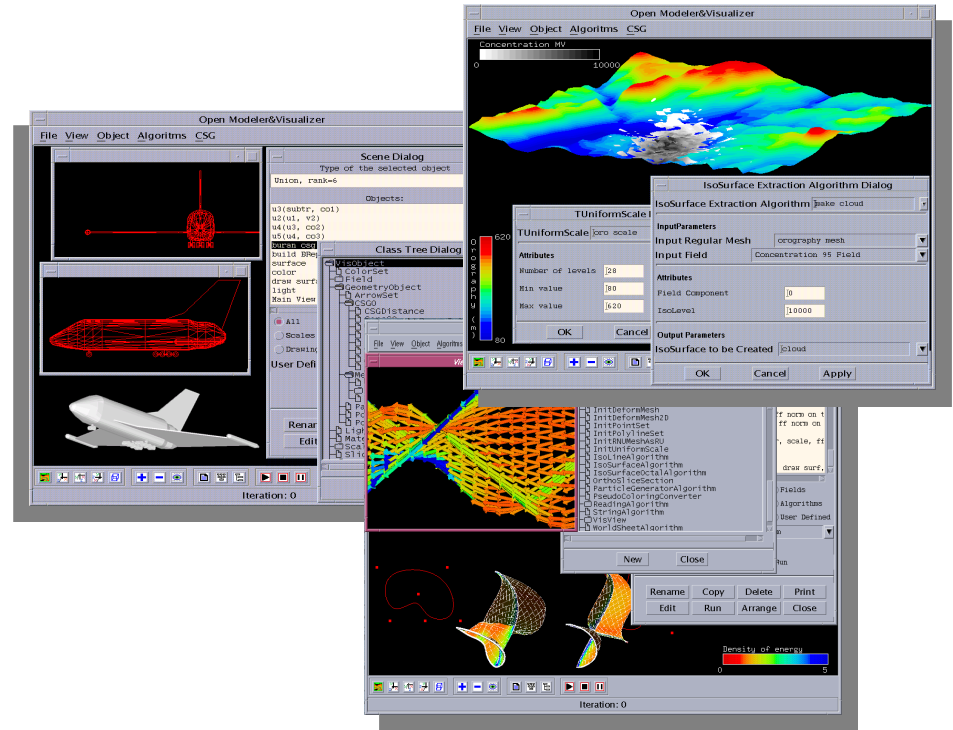
д.ф.-м.н. Семенов Виталий Адольфович

Институт системного программирования РАН
Москва, 2014

Открытая система визуализации и моделирования

Общие принципы

- Компонентная, объектно-ориентированная архитектура
- Визуальное программирование
- Библиотека модулей для представления научных данных
- Библиотека модулей, реализующих методы научной визуализации
- Быстрая разработка специализированных приложений



Системы коллективной инженерии

Оптимистическая репликация

Проблема долгих транзакций

- Деграция атомарности
- Нарушение изолированности

Преимущества репликации

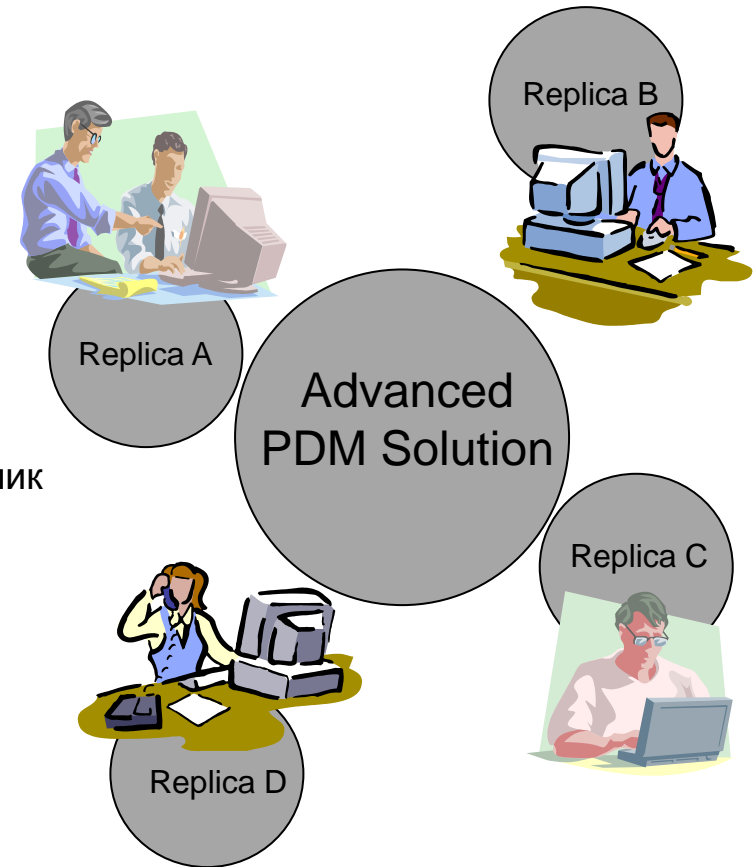
- Доступность данных
- Незначительные расходы на мультидоступ

Недостатки репликации

- Необходимость согласования расходящихся реплик
- Сложность обеспечения семантической согласованности данных

Некоторые успешные приложения

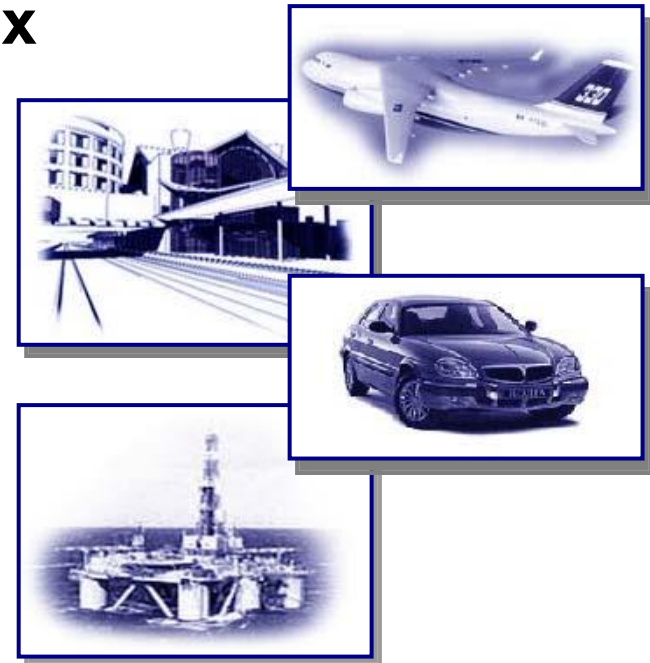
- UseNET
- PDA
- Bayou
- CVS, Synergy, ClearCase, Perforce



Программная инженерия на основе моделей

Индустриальные модели данных

- Машиностроение, автомобилестроение, судостроение, авиация (STEP)
- Архитектура и строительство (IAI IFC)
- Электроника и электротехника (PLIB)
- Нефтегазовый комплекс (POSC CAESAR)
- Фармацевтика (CDISC ADAM)
- Программная инженерия (OMG MDD)
- Информационные технологии (W3C)



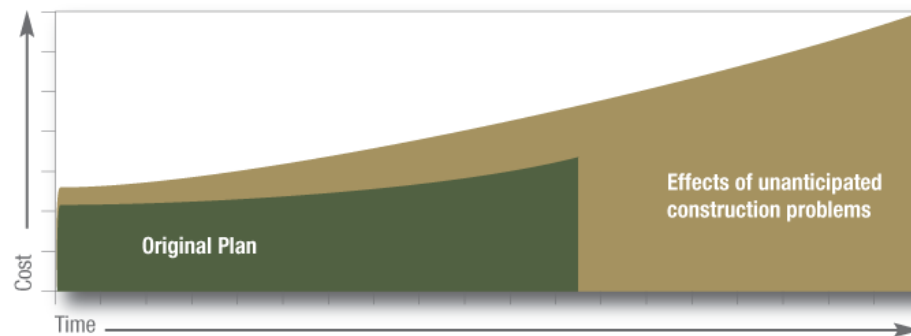
Ожидания

- Невысокие затраты на разработку и системную интеграцию приложений
- Построение прикладных программных комплексов
- Возможность решения междисциплинарных задач

Комплексное планирование и nD-моделирование проектов

О планировании

- В целом, индустриальные и, в частности, строительные проекты плохо предсказуемы в оценках сроков и затрат



Система управления проектами Synchro

- Совместный научный и индустриальный проект Synchro Software Ltd. и ИСП РАН с 2007 года
- Расширяет возможности традиционных систем планирования и управления
- Реализует концепцию 5D-моделирования
- Признана авторитетными сообществами и удостоена ряда наград за инновации
- В настоящее время используется 230 компаниями в 48 странах, в том числе, в России

Планирование и управление проектами

Традиционные методы

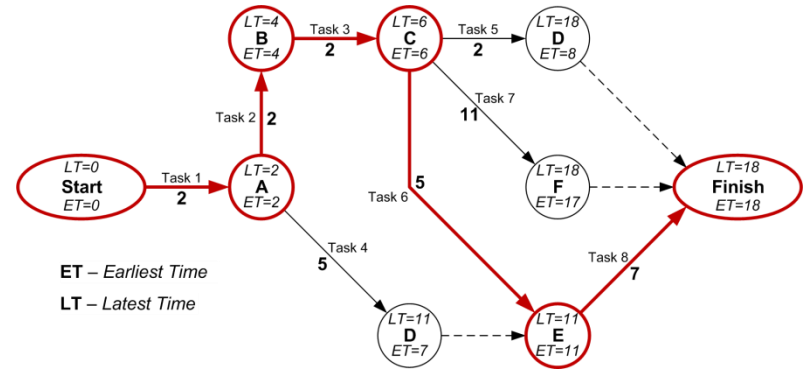
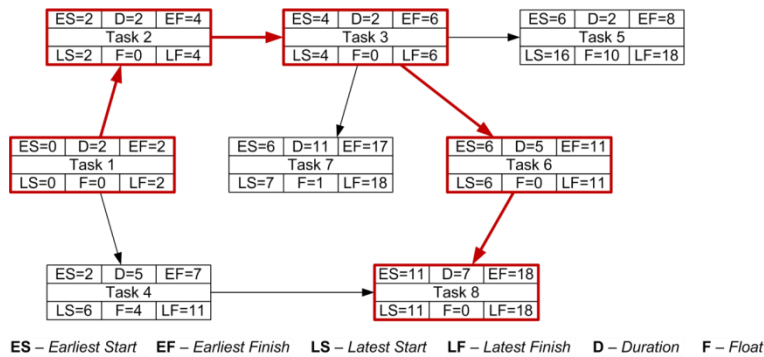
- Метод критических путей (Critical Path Method (CPM))
- Вероятностной метод оценки рисков (Program Evaluation and Review Technique (PERT))
- Метод критических цепочек (Critical Chain Method (CCM))
- Ресурсное планирование (Resource-Constrained and Time-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP),(TCPSP))
- Визуальные методы: сетевые диаграммы (Activity-On-Arc, Activity-On-Node networks), диаграммы линейного планирования (Line-Of-Balance Diagram (LOB)), диаграммы Ганта (Gantt chart)

Современные системы управления проектами

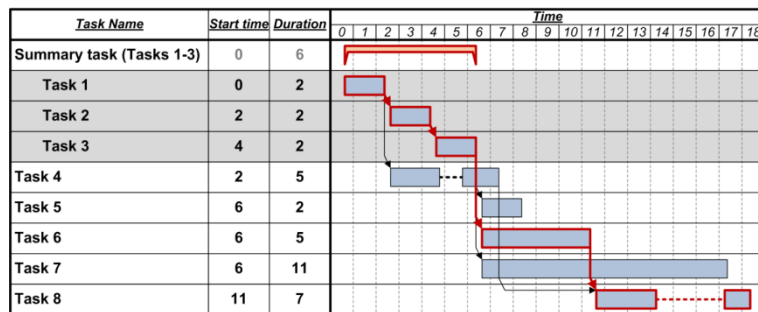
- MS Project
- Oracle Primavera
- Asta PowerProject
- Saprma
- Spider

Некоторые визуальные методы

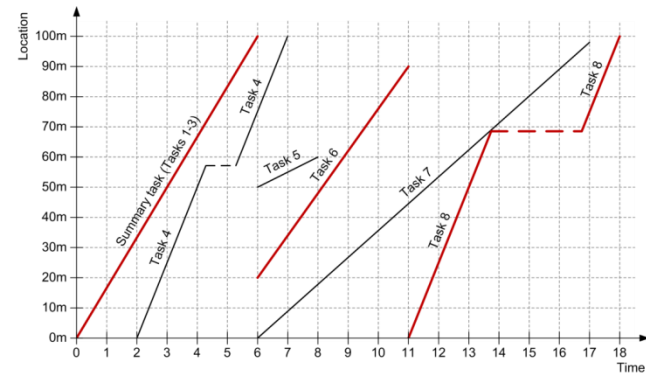
- Сетевые диаграммы



- Диаграмма Ганта



- Диаграмма линейного планирования



Система Synchrono

Основные принципы

- Консолидация проектных данных, плана и сметы в рамках концепции BIM (IFC)
- Междисциплинарный многофакторный анализ (5D)
- Коллективная работа в разных режимах
- Интеграция с системами третьих сторон
- Различные конфигурации системы (клиент-сервер, приложение, ООБД)



Система Synchrono

Функции

- Календарно-сетевое планирование, в том числе, с учетом ресурсных и пространственных ограничений
- Пространственно-временная верификация расписаний
- Визуализация альтернативных целевых планов и их мониторинг
- Подготовка иллюстрированных отчетов с использованием серий изображений и видеоматериалов
- Анализ сбалансированности
- Оценка освоенного объема
- Управление рисками

Преимущества

- Повышает достоверность планирования
- Улучшает координацию и взаимодействие партнеров
- Обеспечивает эффективный мониторинг и управление
- Снижает риски, сроки, затраты

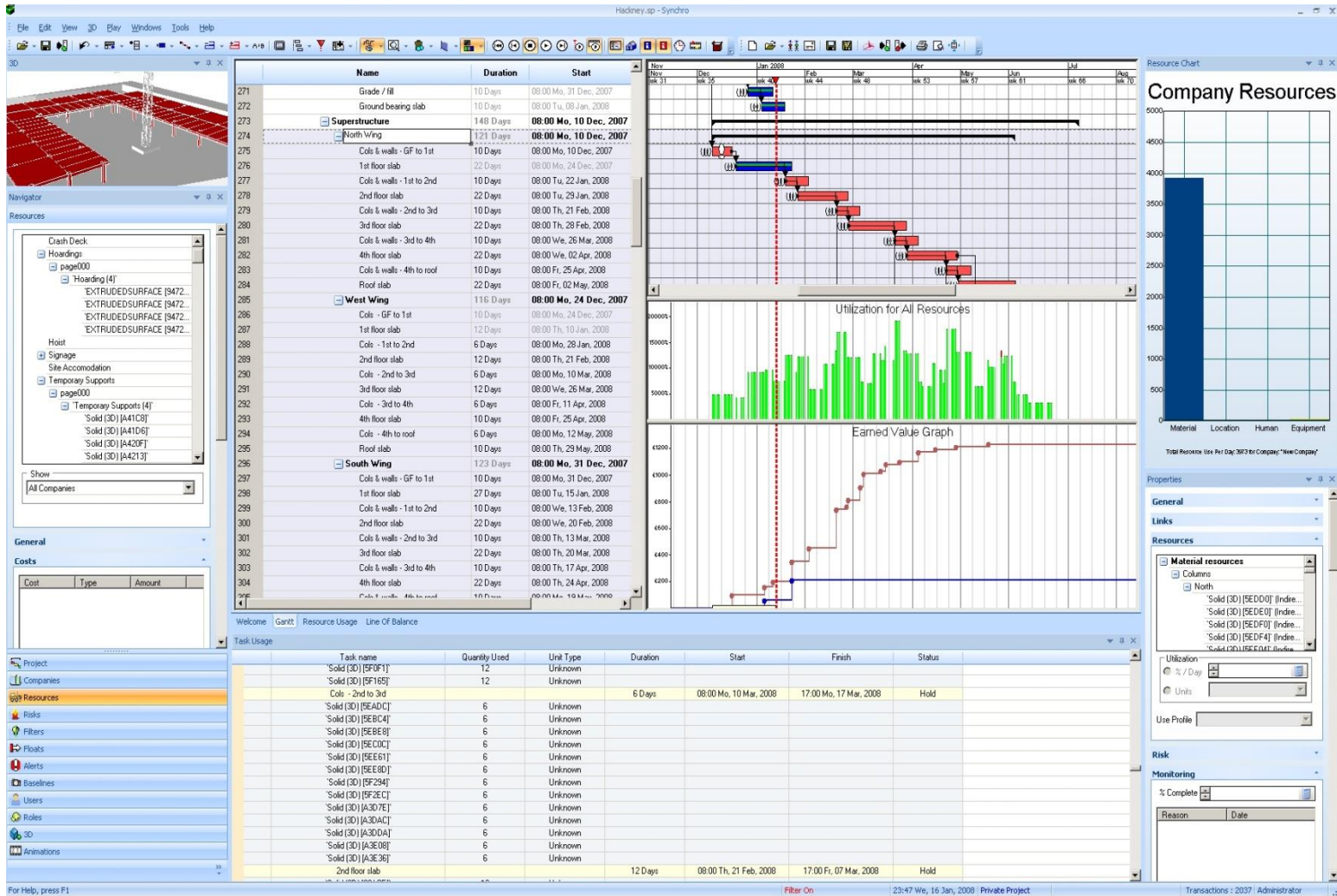
Графический интерфейс

The screenshot displays a software interface for project management, likely a BIM or construction software. The main window is titled "Hidney.sp - Synchro". The interface is divided into several sections:

- Properties Panel (Left):** Contains sections for General, Links, Resources, Risk, Monitoring, Task Costs, Cost Totals, Supply Chain, and Statistics. A Navigator panel shows "Baselines" with "Late start" selected.
- Table (Center-Left):** A task list with columns for Name, Duration, and Start. The table includes tasks such as "B-Part A", "C-Part B", "Paint steelwork (top-coat)", "Gidwork", "Roof glazing inc gables", "Atrium roof watertight", "Test roof", "Strike 'birdsage' scaffold", "Front Entrance Planar-screen", "Erect vertical trusses", "Erect scaffold", and "Install brackets".
- Gantt Chart (Center-Right):** A horizontal bar chart showing task durations and dependencies across a timeline from August 2008 to February 2009. Tasks are represented by colored bars with arrows indicating dependencies.
- 3D Views (Right and Bottom):** Three 3D renderings of a building under construction. The top view shows a wireframe model with a crane. The middle view shows a solid model with a red roof structure. The bottom view shows a solid model with a red roof structure and a crane.
- Bottom Panel:** Contains a "General" section with fields for Color, Company, Baseline Tasks, Created, and Created by. It also includes a Project section with fields for Project, Companies, and Resources.

The status bar at the bottom indicates "Filter On", "16:30 Su, 23 Nov, 2008", "Private Project", and "Transactions : 1957 Administrator".

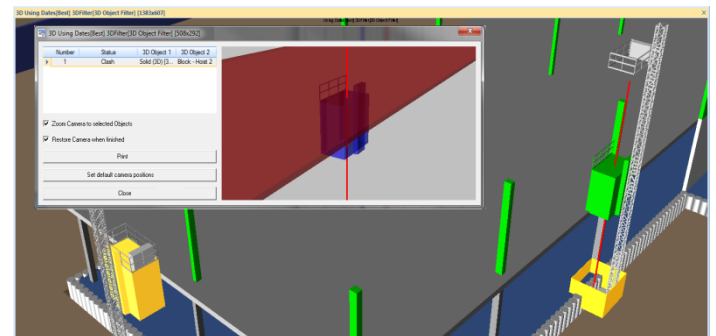
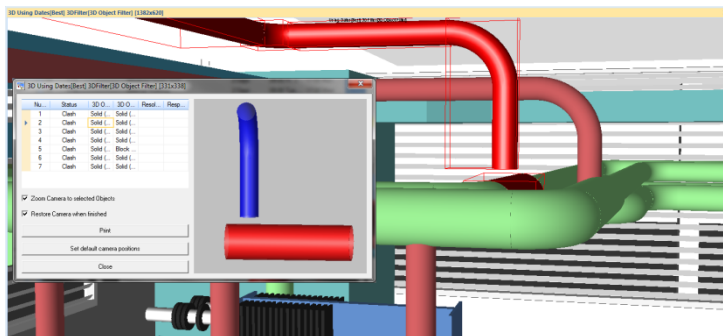
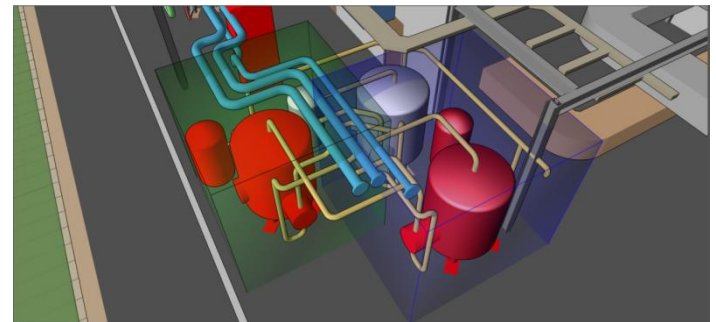
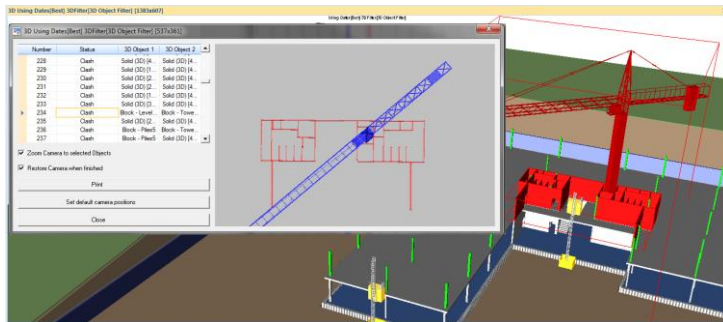
Графический интерфейс



Верификация расписаний

Пространственно-временные конфликты

- Пересечение объектов
- Наложение рабочих пространств
- Отсутствие соседних объектов
- Отсутствие бесконфликтных путей



Поиск столкновений

Точные методы

- Пересечение треугольников, твердотельных объектов и сборок (CSG), выпуклых многогранников, аналитических поверхностей (квадратичных, NURBS-сплайнов)

Методы пространственной декомпозиции

- Октальные деревья, k-d деревья, BSP-деревья, BREP-индексы, регулярные сетки, сетки тетраэдров

Иерархии ограничивающих объемов

- Сферы, конусы, цилиндры, полосы, параллелепипеды, ориентированные по главным осям (AABB) и произвольно ориентированные (OBB), k-DOP деревья

Методы временной когерентности

- Развертки и отсечения, оценки по скорости, пересечения в 4D пространстве

Сбалансированная вычислительная стратегия

- Многоуровневое представление сложных сцен
- Динамические регулярные октальные деревья
- Иерархии ограничивающих AABB объемов

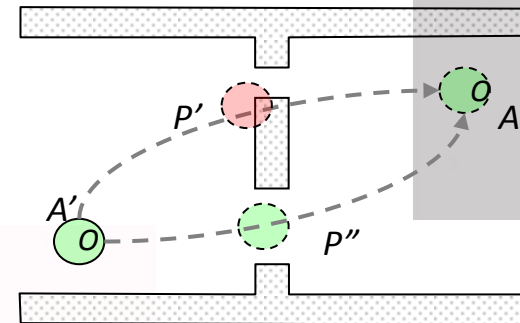
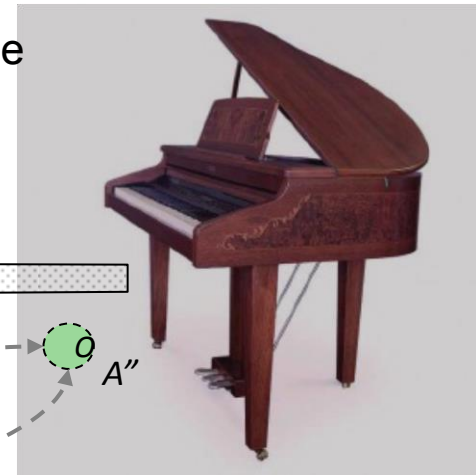
Планирование движения

Задача о переносе фортепиано

- Поиск бесконфликтного пути в статичной пространственно-трехмерной сцене с учетом степеней свободы твердотельного объекта, перемещаемого из исходного положения в заданное конечное

Некоторые методы

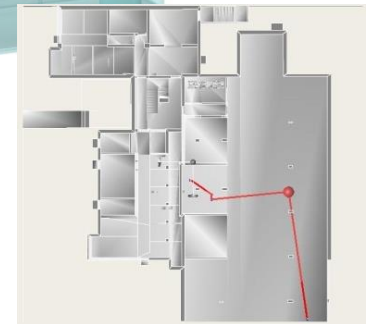
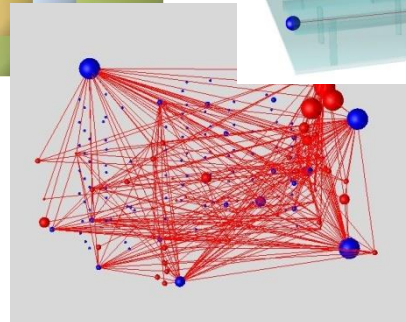
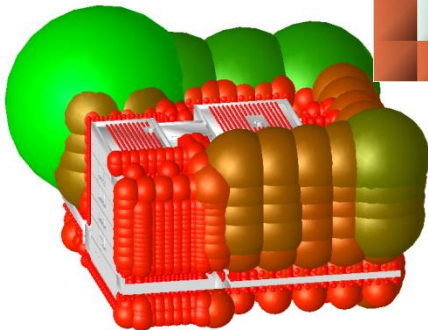
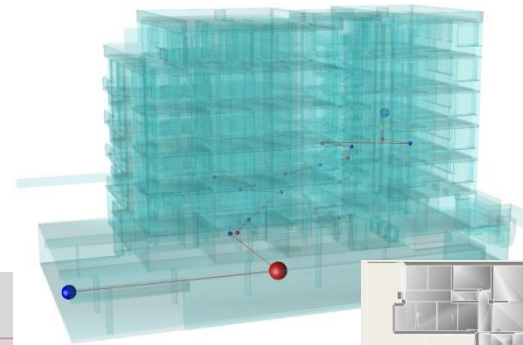
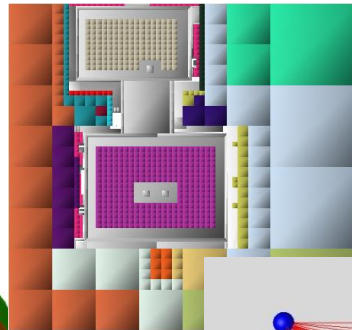
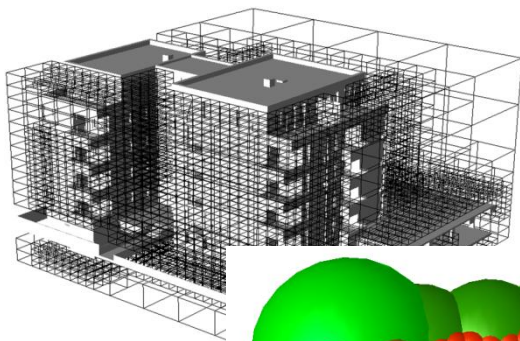
- Диаграмма Вороного
- Графы видимости
- Методы потенциальных полей
- Структуры наполненности
- Вероятностные маршруты (PRM)
- Случайные деревья (RRT)
- Топологические карты



Глобальное планирование путей

Предложенный метод

- Развертывание октальной структуры наполненности сцены
- Получение метрического представления (расстояние до препятствия)
- Идентификация пространств и проходов
- Реконструкция топологической карты и поиск перспективных маршрутов
- Верификация и коррекция локальным планировщиком (RRT, PRM)
- Выбор наилучшего пути



Составление расписаний

Задача ресурсного планирования (RCPSP)

- (1) $\min t_N$ // минимизация сроков проекта
- (2) $t_{S(m)} \geq t_{P(m)} + d_{P(m)} + dl_m, \quad \forall m = 1, \dots, M$ // отношения предшествования
- (3) $\sum_{n \in A(t)} u_{nk} \leq U_k, \quad \forall k = 1, \dots, K, \quad \forall t | t_1 \leq t \leq t_n$ // ресурсные ограничения

работы $a_n, n = 1, \dots, N, t_n$ — время начала, d_n — продолжительность
связи $l_m, m = 1, \dots, M, dl_m$ — задержка, $S(m), P(m)$ — предш, последователь
ресурсы $r_k, k = 1, \dots, K, U_k, u_{nk}$ — доступное и используемое количество

Методы

- Методы распространения (CPM)
- Динамическое программирование
- Методы ветвей и границ
- Методы на основе эвристик MTS, LST, LFT, MSLK, WRUP

Составление расписаний

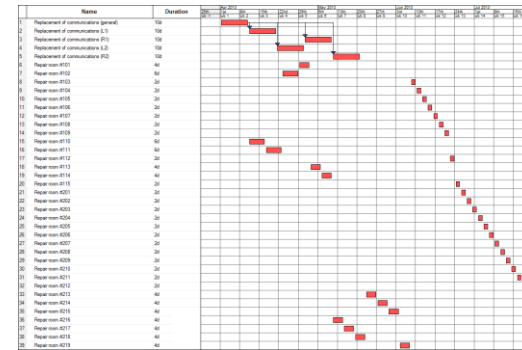
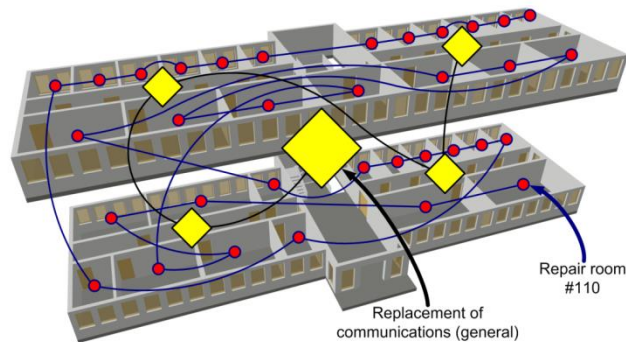
Задача пространственного планирования

- (1) $\min t_N$ // минимизация сроков проекта
- (2) $t_{S(m)} \geq t_{P(m)} + d_{P(m)} + dl_m, \quad \forall m = 1, \dots, M$ // отношения предшествования
- (3) $\sum_{n \in A(t)} u_{nk} \leq U_k, \quad \forall k = 1, \dots, K, \quad \forall t | t_1 \leq t \leq t_n$ // ресурсные ограничения
- (4) $s_{l'}(t) \cap s_{l''}(t) = \emptyset, \forall l', l'' \in D(t), l' \neq l'', \forall t \in [t_1, t_n]$ // пересечения
- (5) $\forall l' = 1, \dots, L, l' \in D(t), \forall t \geq t_1 \rightarrow$
 $\exists l'' = 1, \dots, L, \exists e \in E | T^e(s_{l'}(t)) \cap s_{l''}(t) \neq \emptyset$ // примыкания
- (6) $\forall (n, k) \in I(n, k) \quad \forall t \in [t_n, t_n + d_n)$
 $\sum_{(n', k') \in I(A, U)} u_{n'k'} \frac{v_{k'}}{v(w_{i'(n', k')})} v(w_{i(n, k)}(t) \cap w_{i'(n', k')}(t)) \leq v(w_{i(n, k)})$ // рабочие пространства
- (7) $\forall l = 1, \dots, L, \quad \forall a_{n, m} \leftrightarrow s_l$ // пути
 $\exists P(\tau) | P(0) = p(t_{n, m-1} + d_{n, m-1}), P(1) = p(t_{n, m}), s_l(P(\tau)) \cap s_{l'}(t_{n, m}) = \emptyset, \forall l' \neq l, \forall \tau \in [0, 1]$

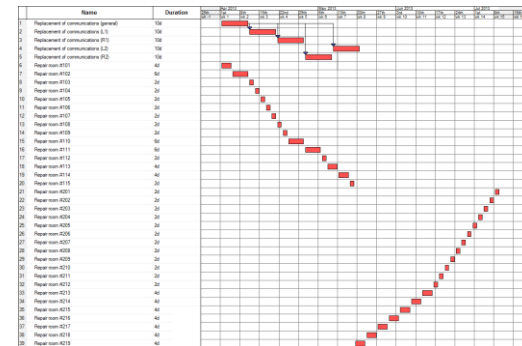
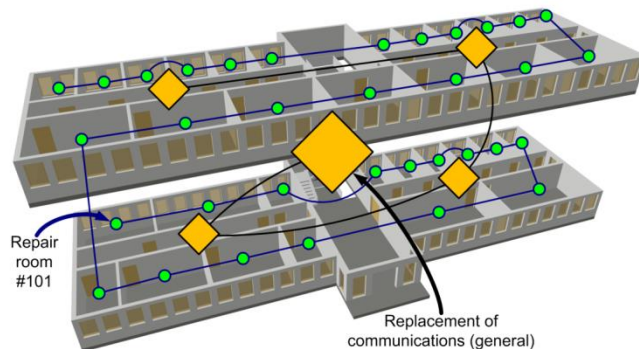
Составление расписаний с учетом пространственных ограничений

Некоторые результаты

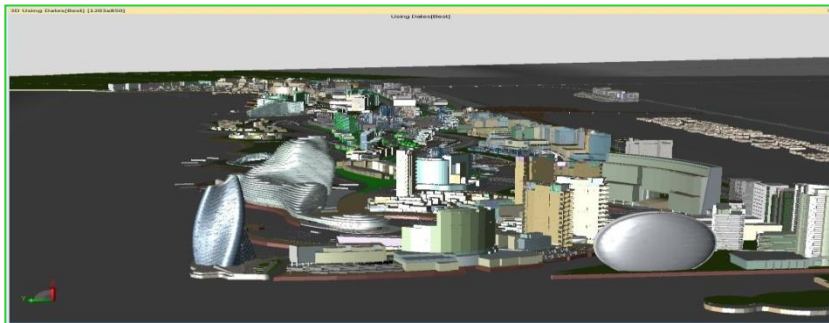
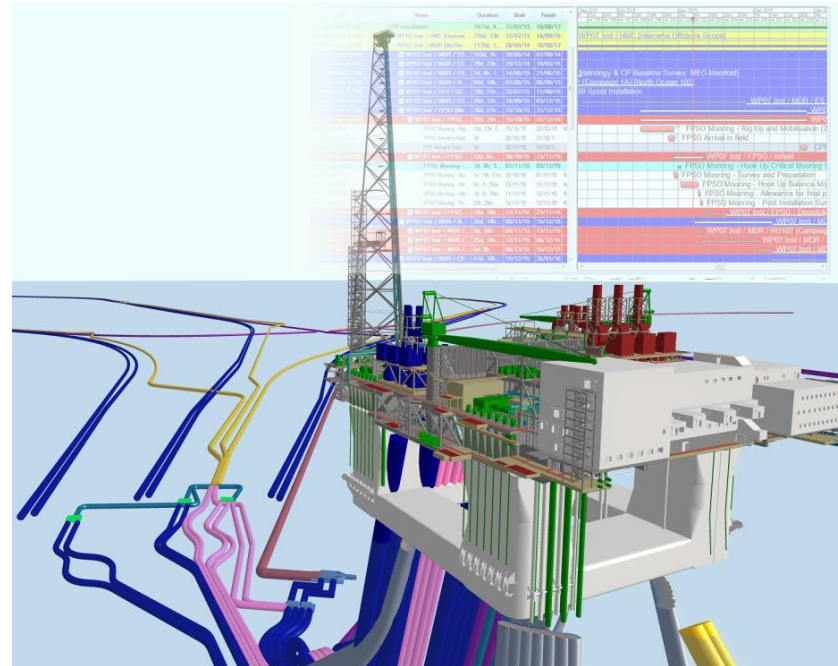
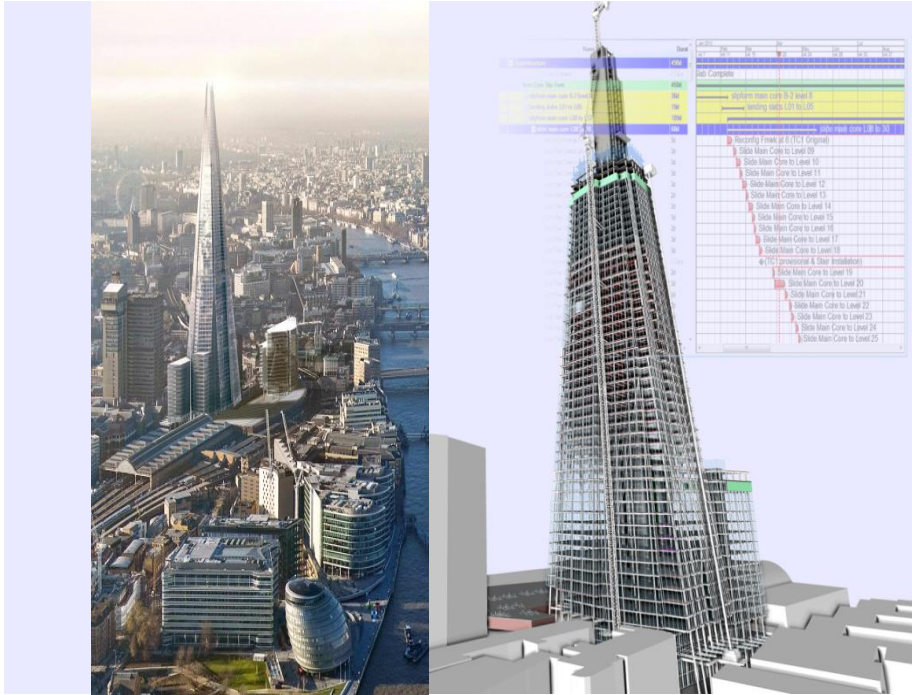
- Классический RCPSP метод с LFT эвристикой



- Разработанный метод



Некоторые индустриальные проекты



Некоторые индустриальные проекты

Зарубежные проекты

- Реконструкция “Уэмбли” для проведения летних Олимпийских игр в 2012, компания Costain plc
- Небоскреб “Осколок стекла”, Лондон, компания MACE
- Комплексная застройка побережья Аль Раи, ОАЭ, компания ALDAR/Laing O'Rourke
- Международный аэропорт Сакраменто, США, компания Turner Construction
- Научный центр сердечно-сосудистой медицины, Сан-Франциско, США, компания Rudolph and Sletten
- АЭС, США, компания Power Construction Company, LLC
- Государственная клиника, Анахайм, Калифорния, США, компания Hensel Phelps Construction Co.
- ГЭС, Вускватим, Калифорния, США, компания Manitoba Hydro
- Объекты нефтегазового комплекса, Бразилия, Petrobras

Российские проекты

- Белоярская АЭС (ОАО «НИИ ОргЭнергоСтрой»)
- Курская АЭС (ОАО «НИКИМТ-Атомстрой»)
- Покровская установка комплексной переработки газа (ОАО «Оренбургнефть»)
- Реконструкция аэропорта Абакан (ФГУП «Администрация гражданских аэропортов (аэродромов)»)
- Создание полифункционального радиохимического исследовательского комплекса (ОАО «ГНЦ НИИАР»)

Важные события 2013



- Лучшая научная статья на международной конференции CONVR 2013, Лондон



- Инспекция объекта визуального моделирования проф. Томилиным А.Н., Осколок, Лондон



- Творческий семинар международного коллектива, 2013, ИСП РАН, Москва



- Синхро – лучшая система планирования 2013 года по версии журнала “Construction Computing”

Спасибо за внимание!