Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год, тенденции и прогноз

Андрей Борщев
Генеральный Директор ООО Компания ЭниЛоджик

Октябрь 2015 г.
Москва

© ООО Компания ЭниЛоджик | www.anylogic.ru

Об этом докладе

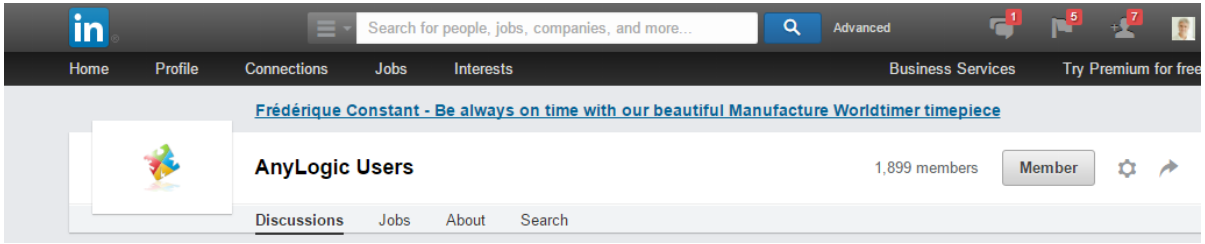
- Мы ограничимся применением ИМ в области бизнеса и некоторыми научными применениями с использованием инструментов общего назначения
  - Производство, логистика, цепочки поставок, сфера услуг, потребительский рынок, управление активами и проектами, HR, социальная динамика, экономика, здравоохранение – это наша тема
  - Инженерные и научные применения ИМ, требующие специальных методов и инструментов (например, в аэродинамике, химии, метеорологии, механике, военные и т.п.) мы оставляем за кадром
- В докладе есть факты, а также предположения и догадки
- Прогноз развития области – не однозначно позитивный

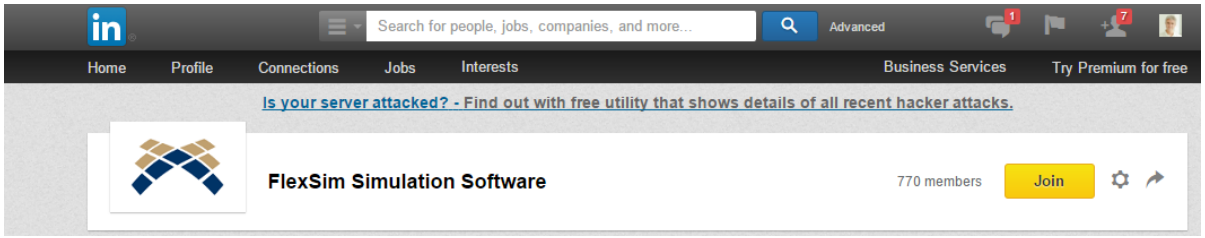
ИМ – маленький мир

- На сегодняшний день ИМ – некритическая технология для ежедневного функционирования бизнеса (not mission-critical)
  - “Хорошо, но необязательно” (nice to have, not must have)
  - ИМ не являются стандартной частью IT-систем, работающих на оперативном уровне (ERP, CRM, …)
  - Текущая роль ИМ – помощь в планировании изменений, оптимизация, сравнение альтернатив, проектирование нового, то есть стратегический и тактический уровень
  - Отсюда проектная, то есть эпизодическая, непостоянная практика его применения
  - … и единственно массовый тип профессионала ИМ – консультант (эксперт, чьи знания время от времени нужны разным клиентам)
- ИМ занимается мало людей (увидим далее)
- Для ИМ осталось мало инструментов (тоже увидим)

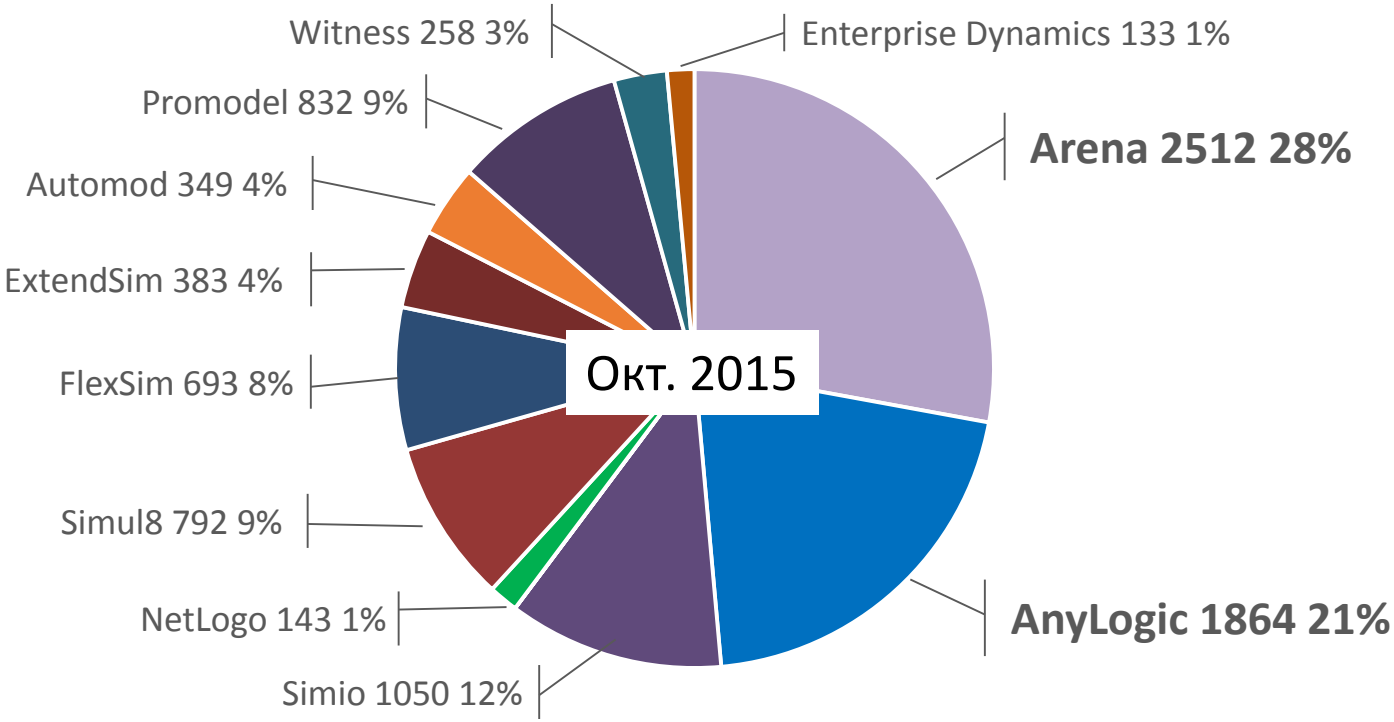
Сколько в мире профессионалов ИМ?

- Официальных исследований на эту тему нет
- В нашем распоряжении только непрямые методы оценки:
  - Размер профессиональных групп LinkedIn
  - Количество участников конференций и выставок по ИМ
  - Количество активных лицензий на инструменты ИМ





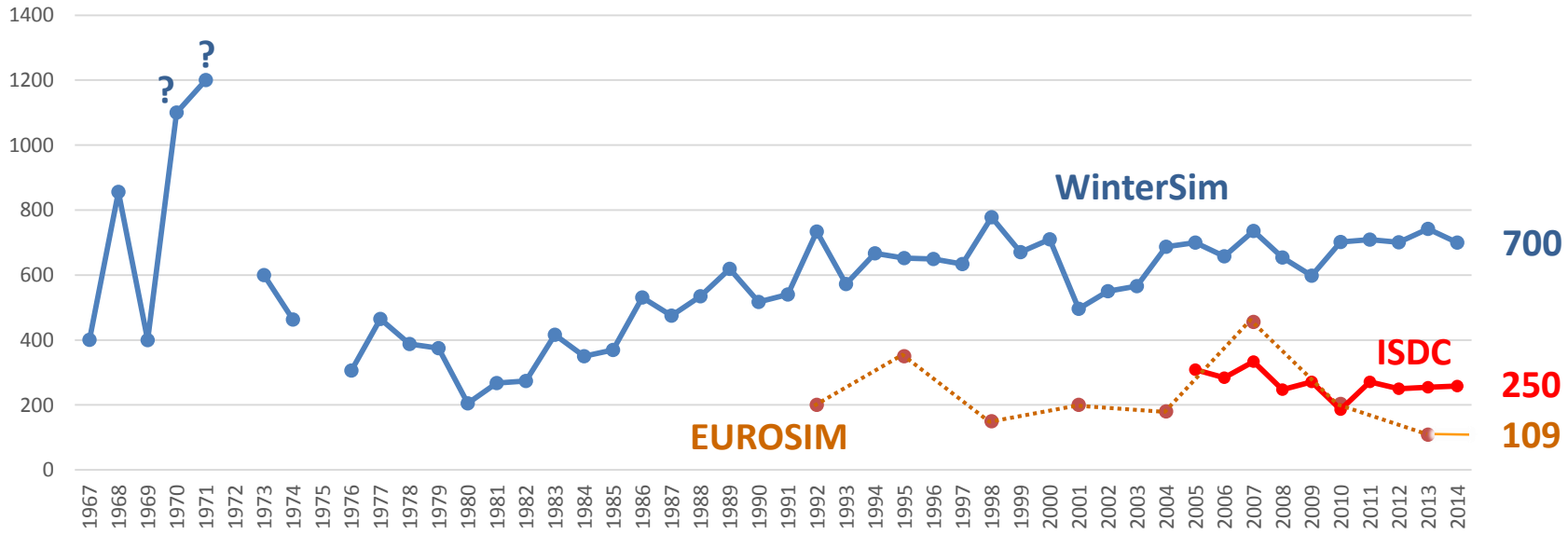
Размер групп LinkedIn по инструментам ИМ



- Простая сумма численности всех групп – 9,000 человек
  - Но: многие состоят больше, чем в одной группе + там есть студенты
- Количество упоминания владения инструментом ИМ – 14,000*
  - *Исключая Arena (133,000) – это проникновение в университеты

Посещаемость конференций/выставок по ИМ

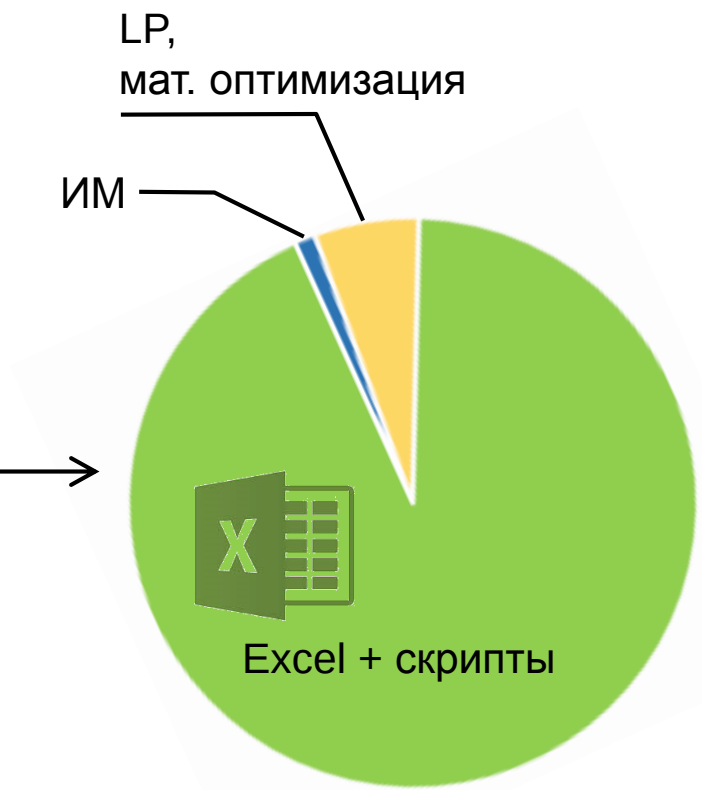
- В 1992 г. WinterSim вышла на уровень 700 человек и не растёт*
- EUROSIM Congress (раз в 3 года) – упал до 109 в 2013 г.**
- ISDC (Системная динамика): около 250 (по публикациям)***
- ASIM (немецкоязычное общество ИМ): около 300 в 2015г.



* www.wintersim.org/2014/pastconf.html ** www.asc.tuwien.ac.at/eurosim/index.php?id=44
*** conference.systemdynamics.org/past_conferences/

ИМ и альтернативные/смежные методы

- Для сравнения: INFORMS Annual Meeting (неимитационные аналитические методы): 4,000 - 5,000 участников
  - математическое моделирование
  - статистический анализ
  - линейное программирование
  - математическая оптимизация
- Распространённость ИМ и других методов моделирования и анализа должна выглядеть примерно так:



Итак, сколько нас?

- Был упомянут ещё один непрямой метод оценки – количество активных пользователей
  - Эта информация, конечно же, закрыта, так что итоговая цифра – результат сопоставления данных LinkedIn, конференций, “долей рынка” (о них далее), инсайдерской информации автора и частных разговоров с другими вендорами
- Профессионалов ИМ в мире – около 15,000 человек
- Это ОЧЕНЬ мало
  - Почему так мало - увидим позже в этом докладе.

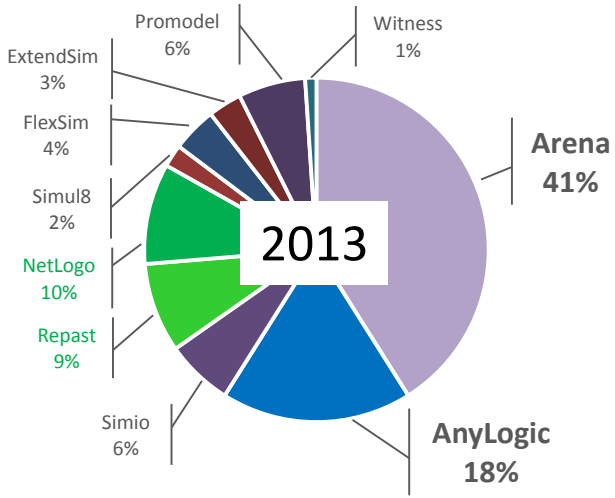
Далее: каков размер рынка инструментов ИМ? >>

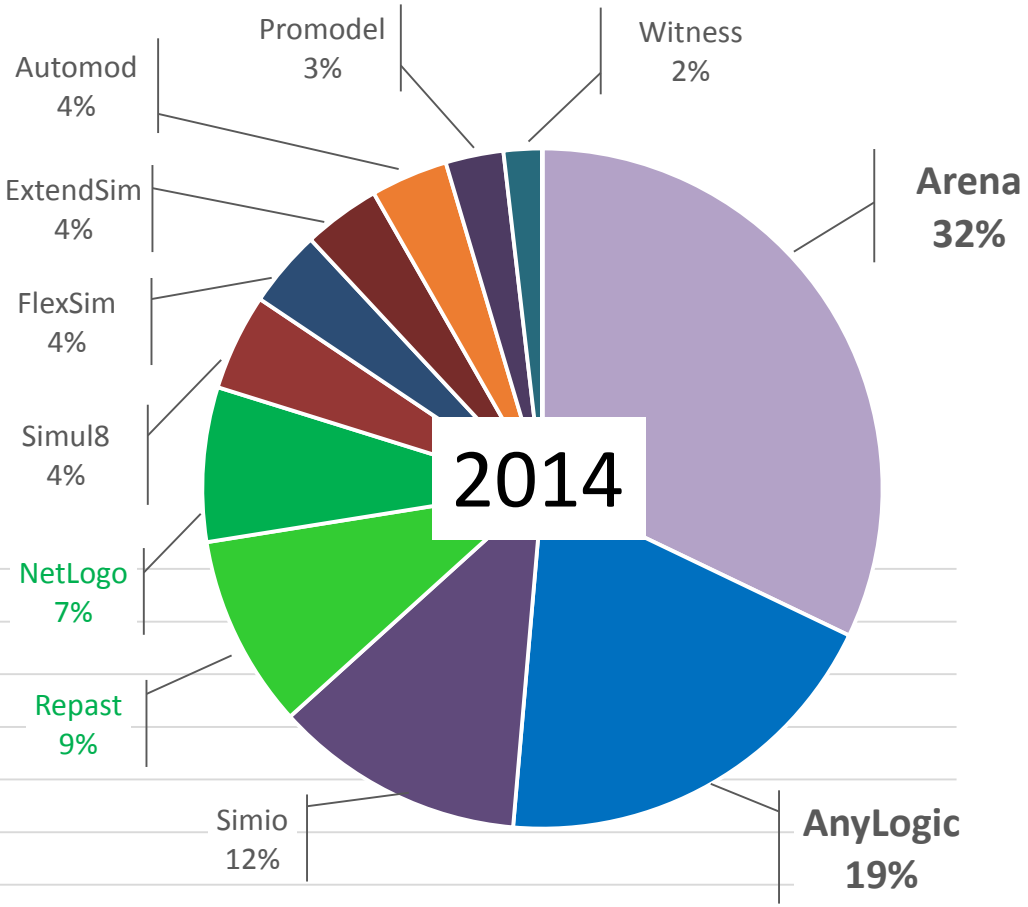
Каков размер и доли рынка инструментов ИМ?

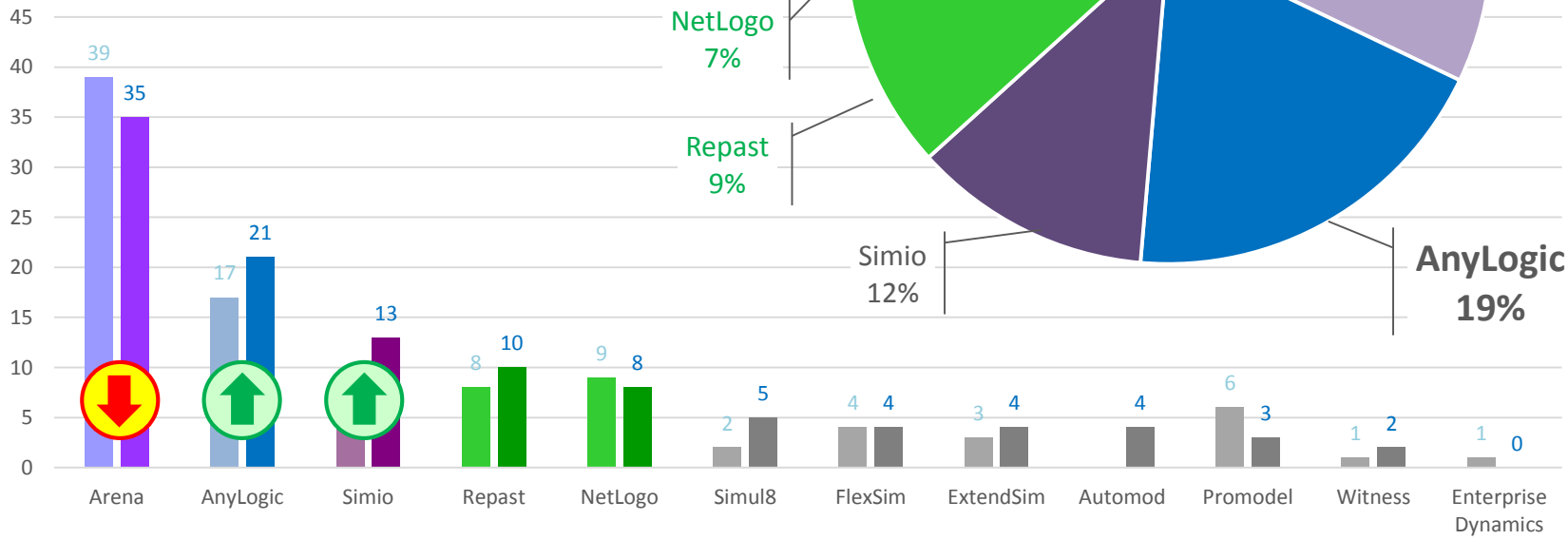
- Сколько денег в год тратят компании и госучреждения на лицензии и поддержку инструментов ИМ и как эти деньги распределяются между вендорами?
- Опять же, официальные исследования отсутствуют
  - Компании типа Gartner обходят нашу область стороной ввиду почти ничтожного, по их меркам, размера рынка
- Все вендоры – небольшие частные компании, данные о выручке закрыты
  - Исключения – Arena (Rockwell), Pant Simulation (Siemens), AutoMod (Applied Materials), но там это маргинальная статья дохода
  - Кроме того, почти все вендоры зарабатывают ещё и консалтингом
- В нашем распоряжении – та же инсайдерская информация, сопоставление данных и неформальные обсуждения
- Итоговая оценка – **30-50 млн долларов**

Далее посмотрим доли рынка и их динамику >>

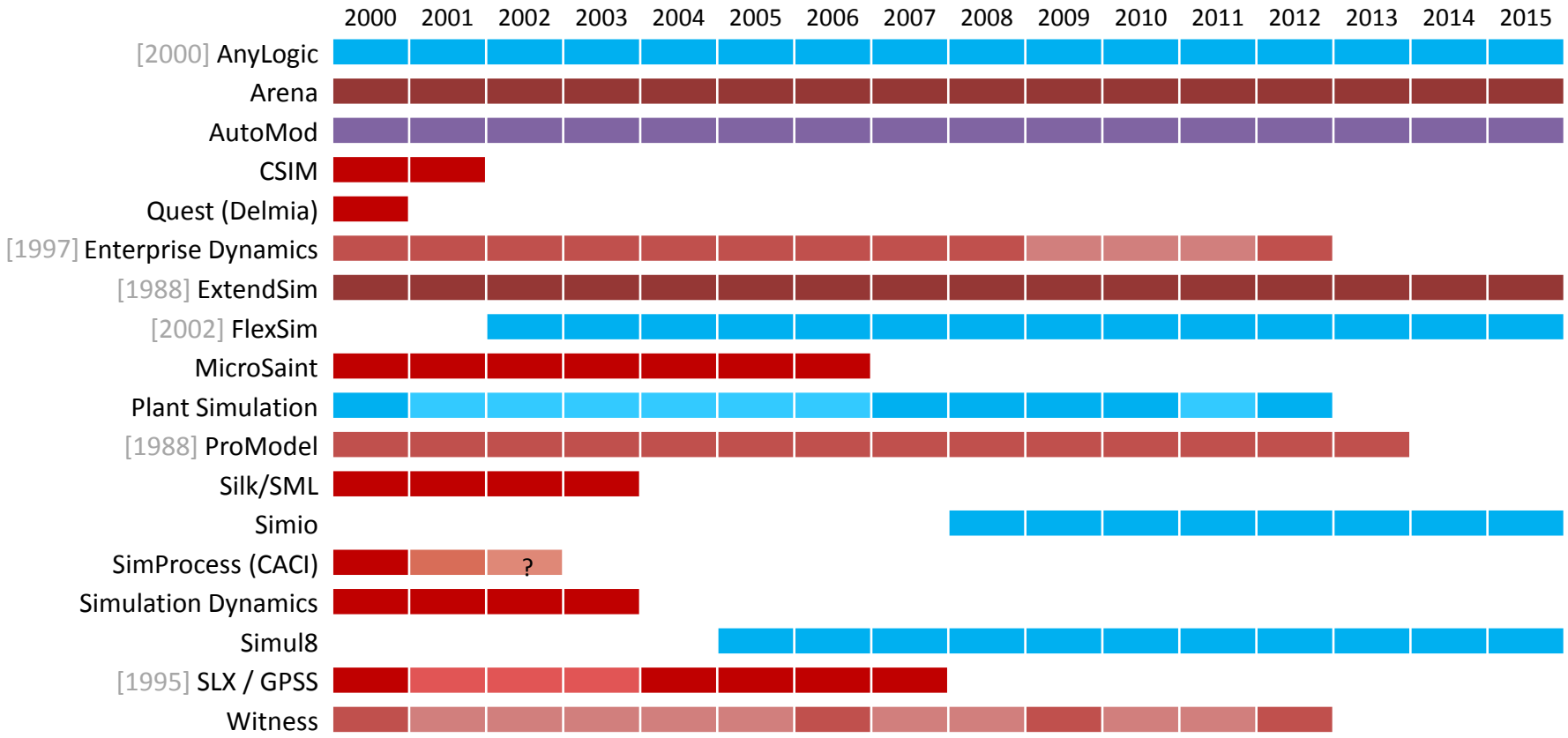
“Доли рынка” по публикациям case studies на WSC





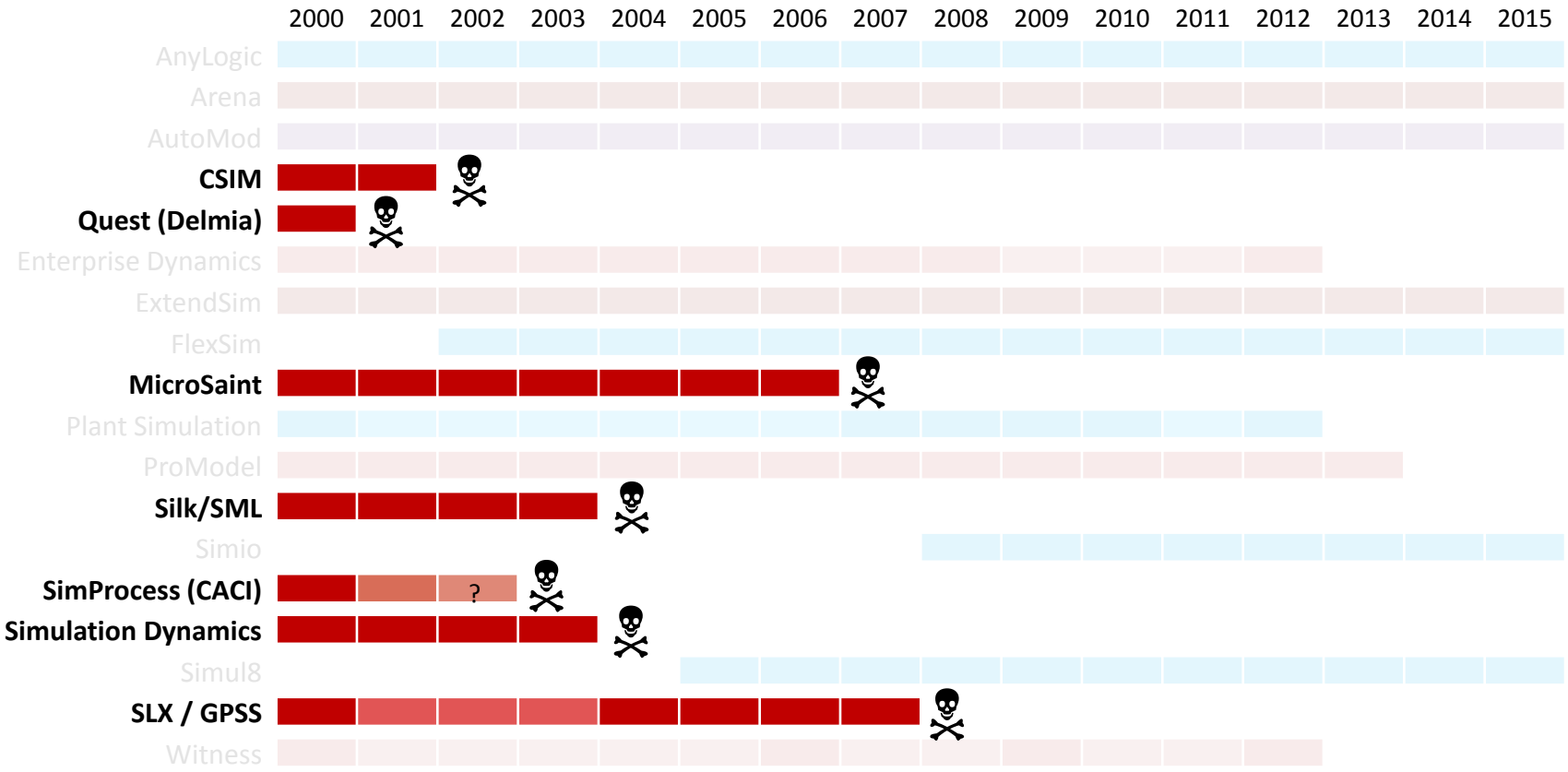


Активность вендоров на WSC 2000-2015*

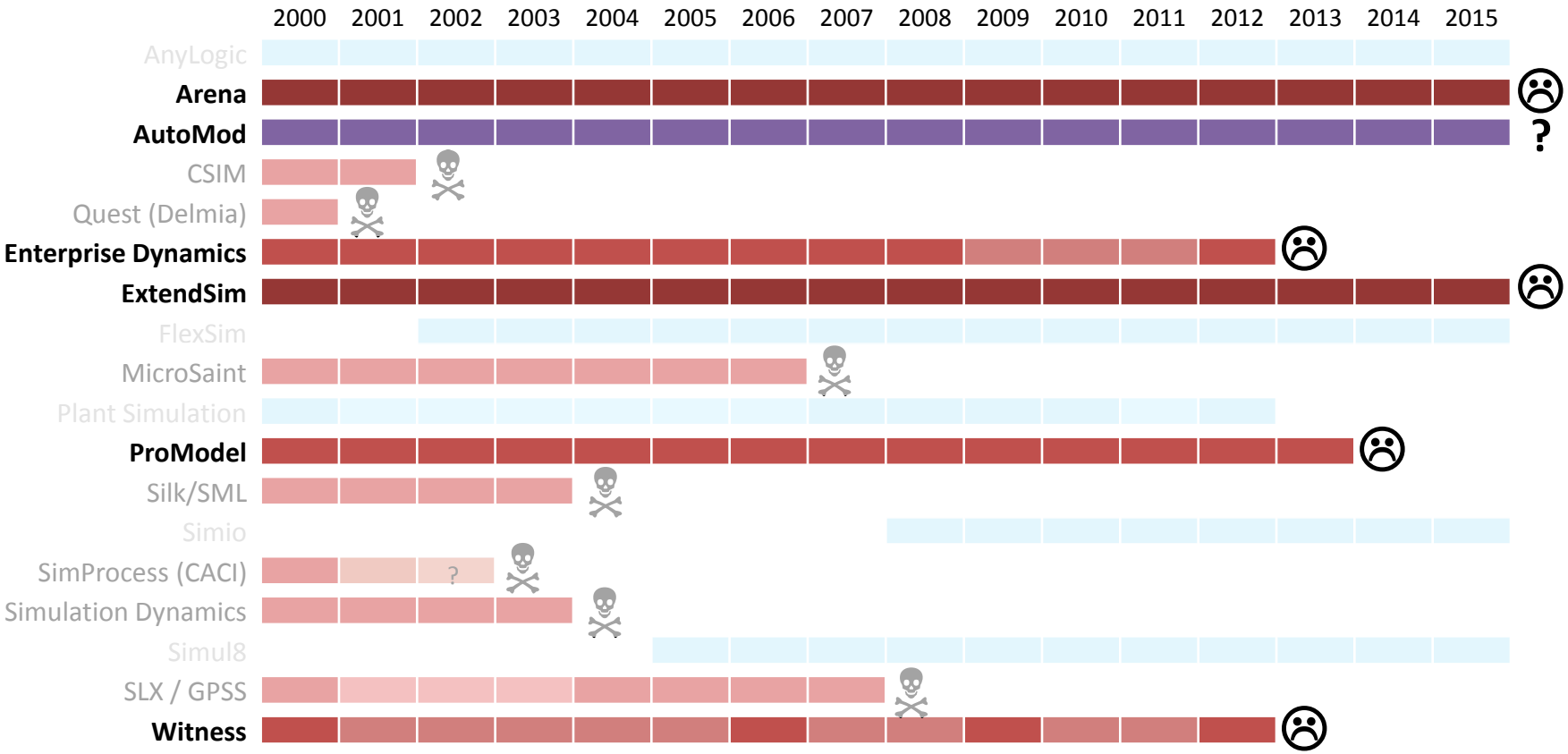


*Данные частично восстановлены по программам vendor tracks, informs-sim.org

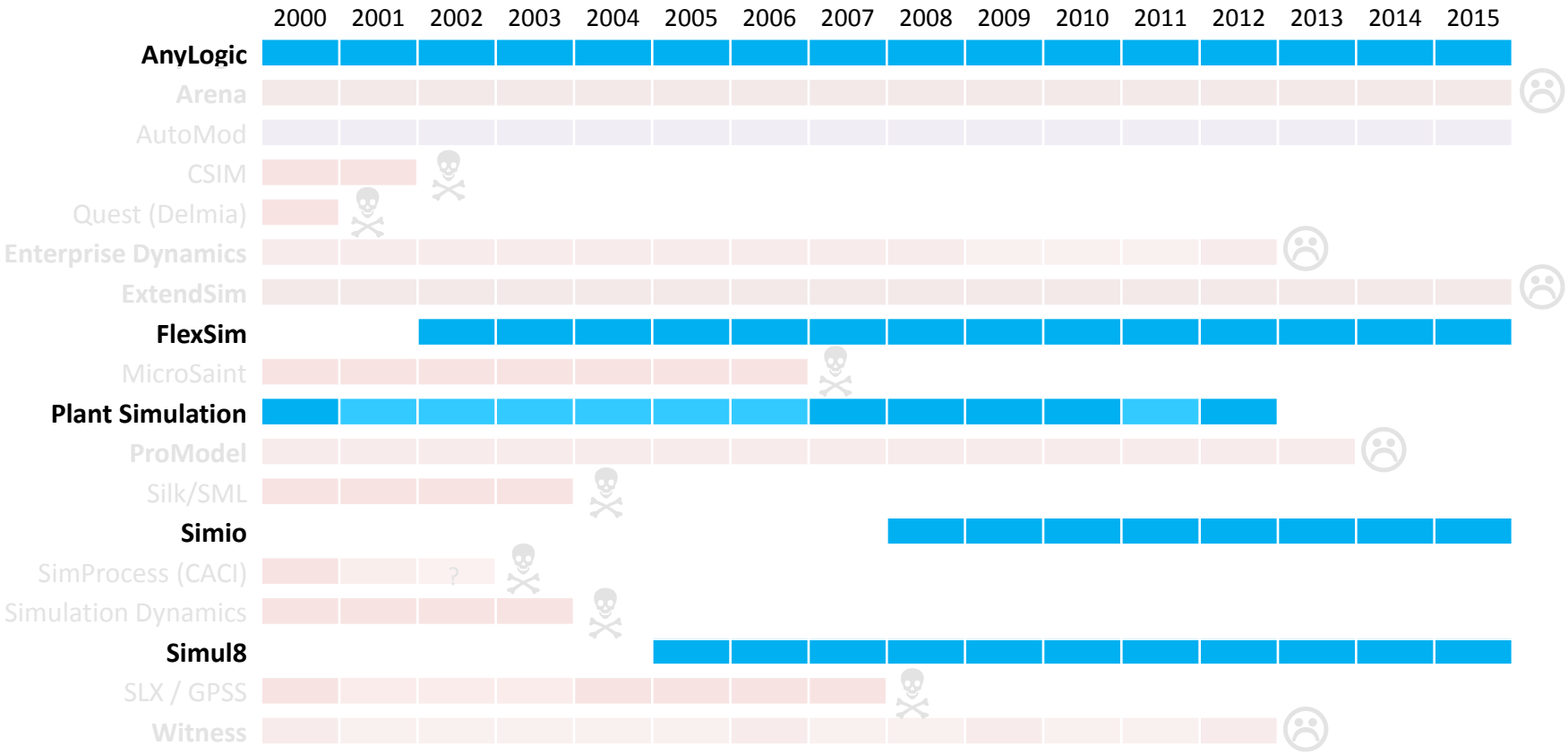
Умерли


2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
AnyLogic
Arena
AutoMod
CSIM
Quest (Delmia)
Enterprise Dynamics
ExtendSim
FlexSim
MicroSaint
Plant Simulation
ProModel
Silk/SML
Simio
SimProcess (CACI)
?
Simulation Dynamics
Simul8
SLX / GPSS
Witness

Умирают

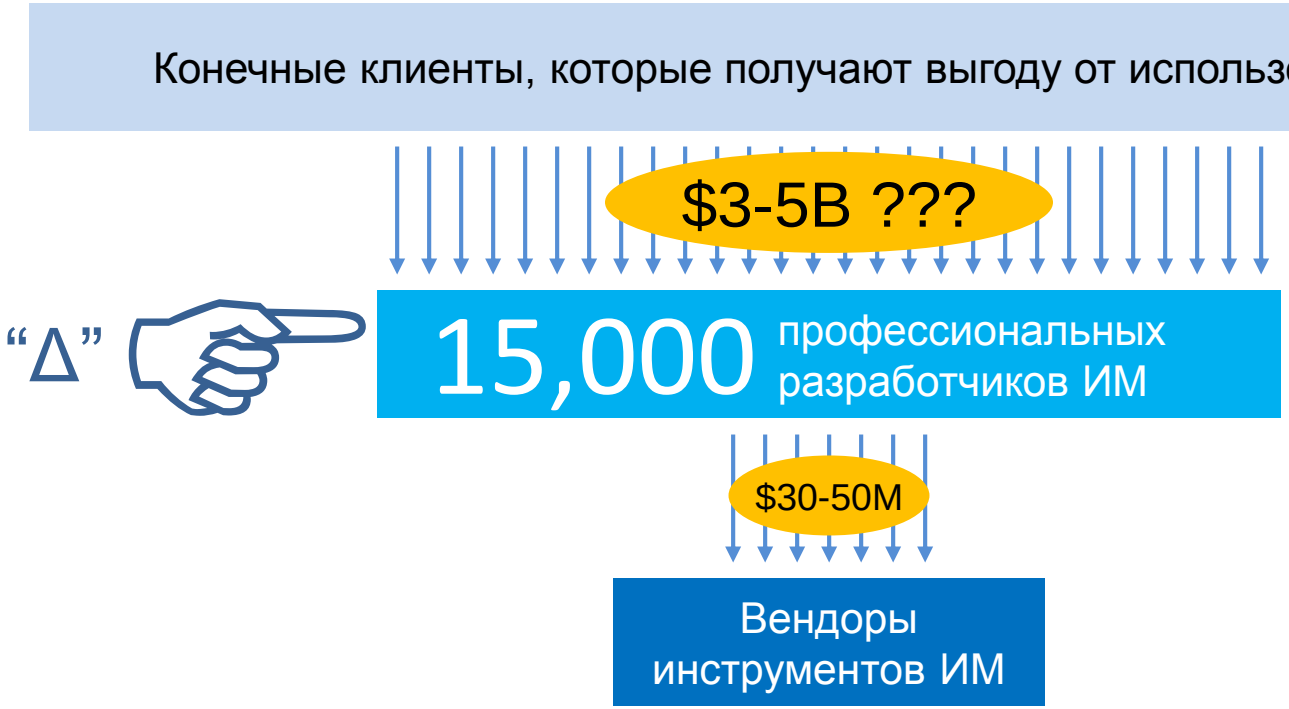

2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
AnyLogic
Arena
AutoMod
CSIM
Quest (Delmia)
Enterprise Dynamics
ExtendSim
FlexSim
MicroSaint
Plant Simulation
ProModel
Silk/SML
Simio
SimProcess (CACI)
?
Simulation Dynamics
Simul8
SLX / GPSS
Witness

Живы и поделят между собой (небольшой) рынок



И всё же, в ИМ оборачиваются существенные деньги

- Но находятся они в области консалтинга
  - Стоимость одного проекта с применением ИМ может превышать, скажем, треть годовой выручки вендора



Далее: кто же эти люди, создающие такую “добавленную стоимость”? >>

Что должен знать и уметь профессионал ИМ?

- Мы нарисуем портрет консультанта, способного решать широкий спектр задач с применением ИМ*

*Те, кто из года в год теоретизирует здесь о “полиморфизме мультимодельных конгломератов”, нас не волнуют. Они занимаются тем, что никому не нужно и, скорее всего, неинтересно им самим.

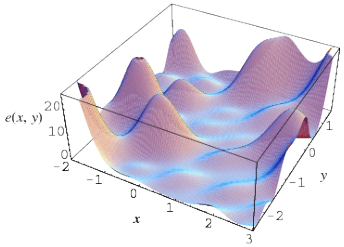
1. Уметь общаться, извлекать инфу и учиться

- Консультант часто не является экспертом в предметной области
- Поэтому нужно уметь разговаривать с заказчиком
  - Возможно, находить нужных людей на стороне заказчика
  - “Извлекать ” из них постановку задачи
  - Находить данные
- Нужно быстро понять, как работает ранее незнакомый бизнес
  - И на время проекта думать о нём, как о своём

2. Знать смежные и альтернативные технологии

- Вы не строите имитационную модель.
  Вы решаете проблему.

- Поэтому на начальных этапах проекта нужно задаваться вопросом: а не лучше ли использовать другой подход?
  - Линейное программирование?
  - Эвристики?
  - Написать простую программу?
  - Скрипт на VB в Excel?

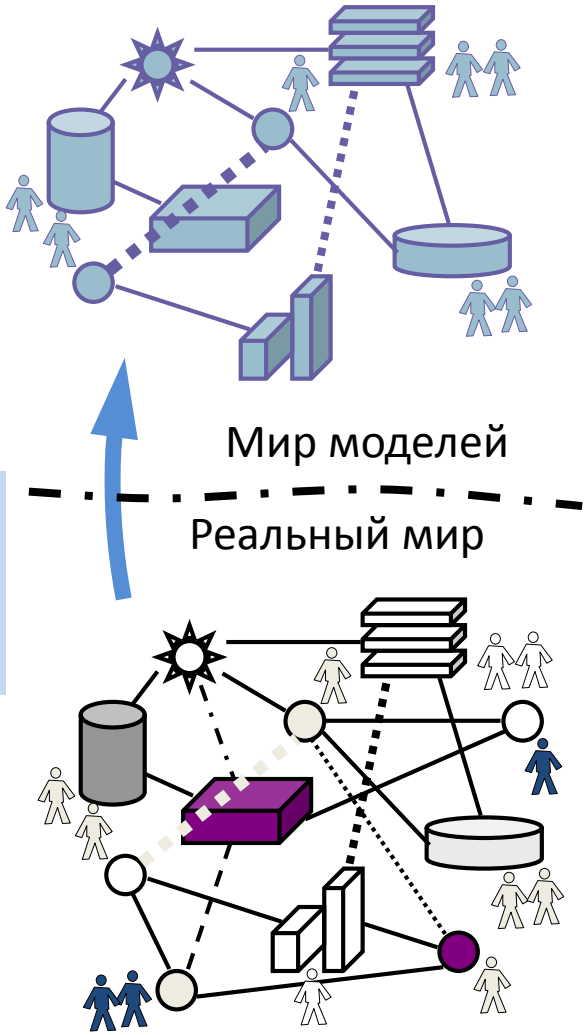


- Естественно, нужно знать преимущества, недостатки, ограничения применимости разных подходов

- Кроме того, ИМ часто работает вместе с другими методами
  - Конечно же, с оптимизаторами, часто с эвристиками, с тем же LP
  - Нужно уметь сопрягать ИМ с другими технологиями

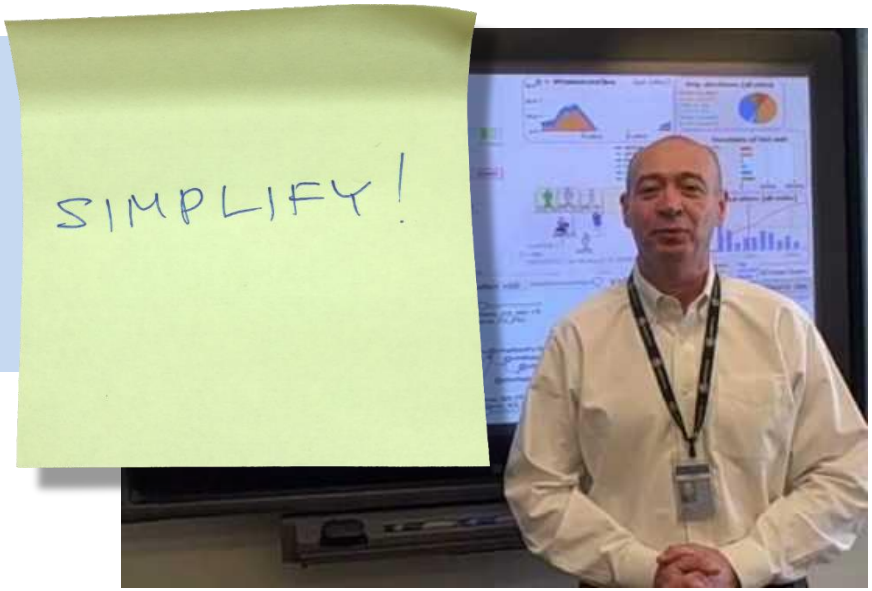
3. Собственно искусство моделирования

- Это искусство упрощать, структурировать, выбирать метод (язык) моделирования
  - Какие допущения мы вправе сделать?
  - Где границы моей модели?
  - Каков оптимальный уровень детализации?
  - На какую модельную конструкцию отобразить реальный объект?
- Ответы на все эти вопросы не формализуемы. Это область искусства, опыта и интуиции, а не технологии
- Дар хорошего разработчика ИМ – более редкий, чем дар хорошего программиста: ИМ добавляет ещё одну размерность – время, динамику



4. Минимализм и готовность выбросить сделанное

- Если без чего-то можно пока обойтись – этого не должно быть в модели (бритва Оккама)
- Способность самостоятельно итерировать разработку
  - То есть с готовностью и радостью выбрасывать части своей работы, заменяя их новыми, с учётом достигнутого нового понимания задачи
  - Такие итерации всегда сокращают время разработки



Кюнтер Окбэй (Kunter Akbay)
Senior Principal Engineer at GE Global Research

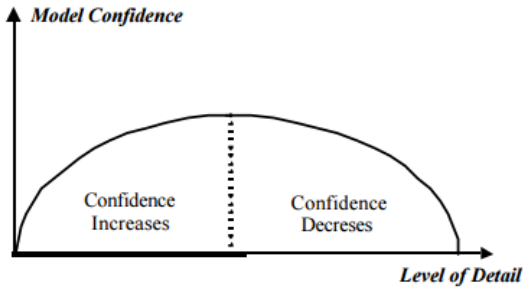
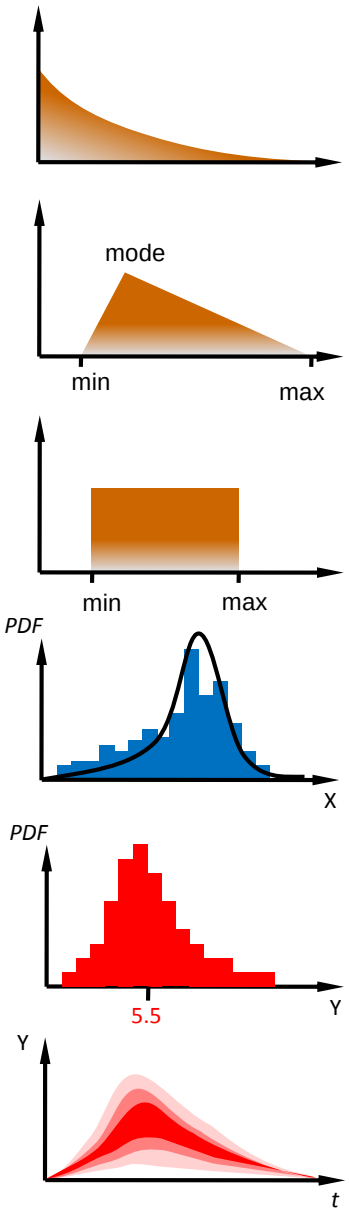


Figure 1: Relationship between "level of details" and "model confidence" (Lobão and Porto, 1997).

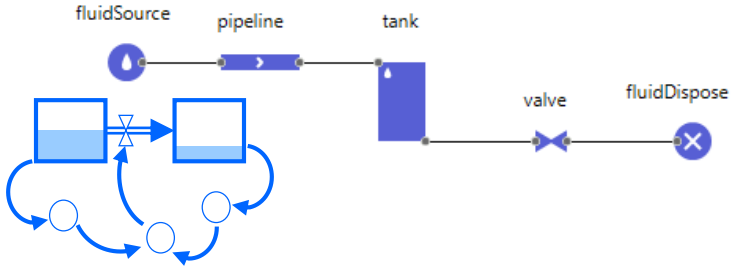
5. Теория вероятности и статистика

- Реальный мир полон неопределённостей и нужно уметь отражать это в модели. Большинство ИМ – стохастические
  - Почти все ДС и АМ – стохастические
  - Напротив, почти все СД модели - детерминированные
- Необходимые знания и умения:
  - Основные распределения и их свойства
  - Подбор распределения по рядам “исторических” данных (distribution fitting)
  - Генераторы (псевдо)случайных чисел (RNG), seed, воспроизводимые и невоспроизводимые эксперименты
  - Интерпретация результатов стохастической модели, репликации, “ящики с усами”
  - Оптимизация в условиях неопределённости (optimization under uncertainty)



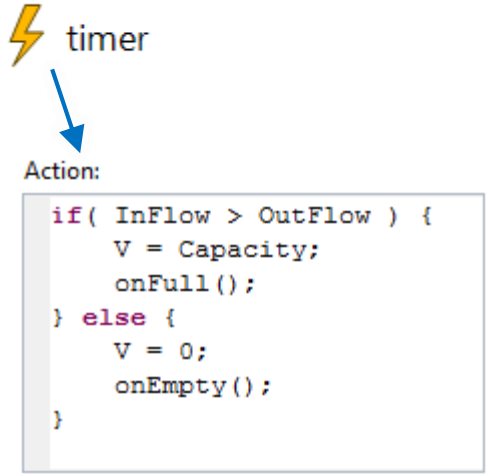
6. Дискретное и непрерывное

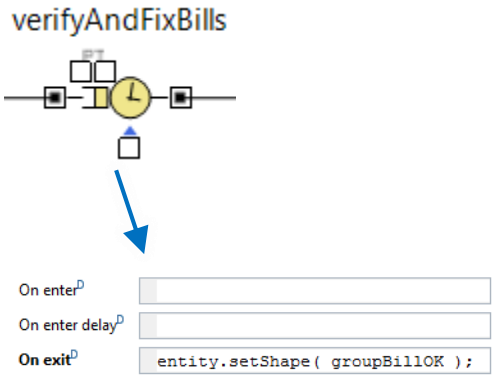
- Зерно, нефть, вода, деньги – непрерывные сущности
- Транзакции, клиенты, товары, детали – дискретные
- А в модели иногда, скажем, детали превращаются в непрерывный поток, а нефть – в дискретные партии
  - В СД вообще всё – непрерывная материя
- Нужно уметь моделировать динамику непрерывной материи и владеть двумя методами:
  - Если потоки кусочно-постоянные (а накопители – кусочно-линейные) – используйте discrete rate
  - Если это не так, поведение нелинейное, более сложное – используйте СД (= дифуры)
- Нужно уметь сопрягать непрерывные и дискретные части модели



7. Программирование (алгоритмы и данные)

- Абсолютное большинство неигрушечных моделей сложных систем содержит код для описания структур данных и алгоритмов “нединамической” логики, например:
  - Нестандартные политики управления запасами
  - Принятия решений потребителем (на основе лояльности, цены и рекламы)
  - Управления сложными ресурсами (скажем, двумя конфликтующими пролётными кранами)
  - Взаимодействия с внешними данными



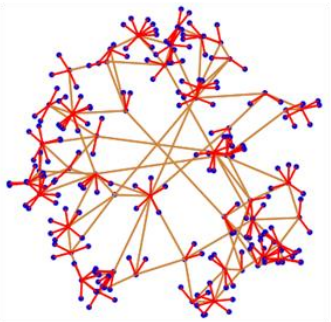


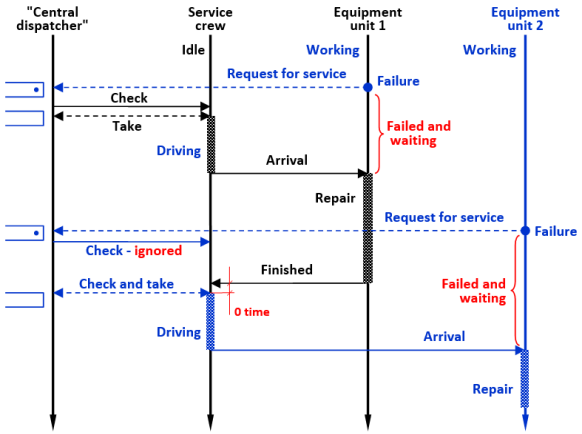
- Поэтому нужно уметь создавать структуры данных и алгоритмы и вписывать их в (обычно заданную графически) “динамическую” логику

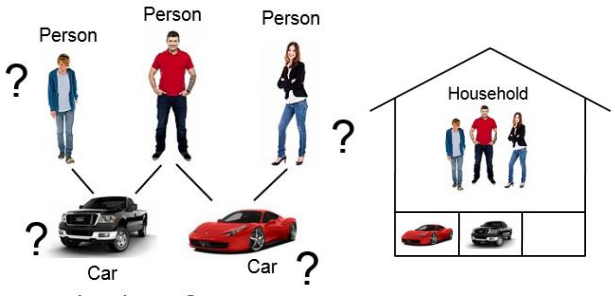
8. Агентное моделирование – новые требования

- Умение думать в терминах объектов, взаимодействующих без единого центра управления

- Базовые знания из теории параллельных/распределённых систем
  - Синхронность/асинхронность
  - Дедлоки
  - Недетерминизм
  - Message sequence diagrams
  - Диаграммы состояний (statecharts)
- Иногда – социальные сети
- Объектно-ориентированное мышление
- Центральным всё равно остаётся искусство моделирования
  - Что именно станет агентом в модели?

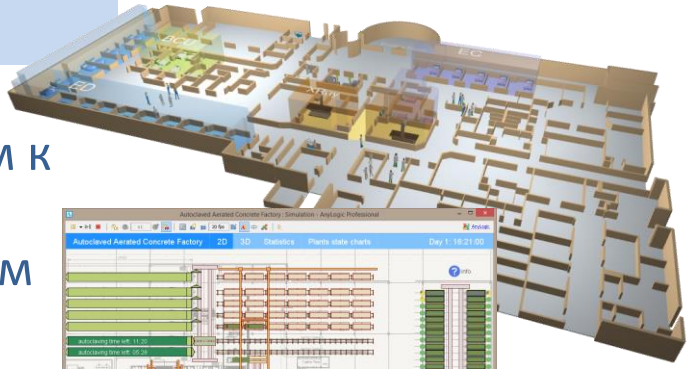


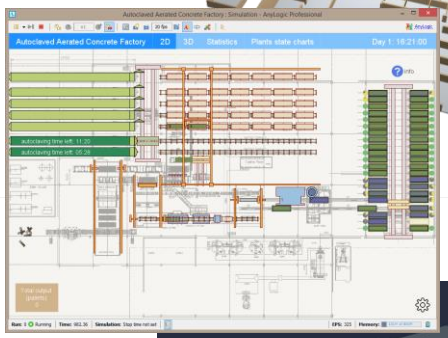


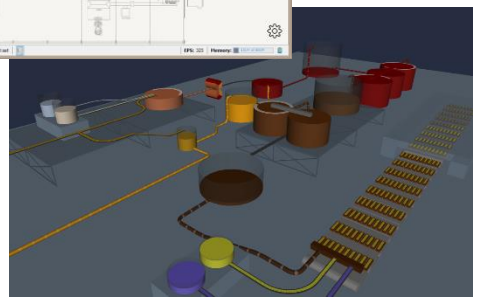


9. Стиль, вкус, дизайн – графический, UI, 3D

- Естественное преимущество ИМ – возможность показать развитие событий в динамике (а то и вмешаться в них). Надо умело этим пользоваться
  - Интерактивная 2D и 3D анимация давно стала стандартным требованием к модели, а её привлекательность и убедительность может быть решающим фактором при сдаче проекта
- Хороший разработчик ИМ должен, в идеале, иметь художественный вкус, обладать навыками графического дизайна, дизайна интерфейса пользователя и 3D моделирования







Это пока всё про требования к разработчику ИМ. Пора подводить итоги >>

Итог и прогноз – часть I, не позитивная

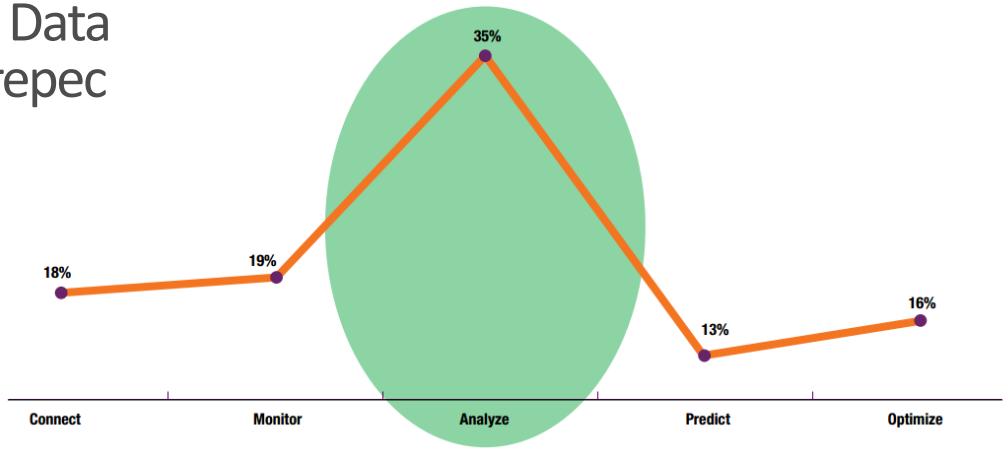
- ИМ – это сложно.
- Людей, способных строить хорошие ИМ, мало.
- Количество их не растёт, а скоро их (нас :) станет ещё меньше.
  - Таков будет результат текущей тенденции к упрощению всего и вся и навязываемой жизнью невозможности длительно концентрироваться и углубляться.
- Рынок для инструментов ИМ общего назначения
  (= гибких инструментов низкого уровня)
  тоже, конечно, расти не будет.
  - В ближайшее время некоторые из них прекратят своё существование, а рынок поделится между четырьмя-пятью живыми, продолжающими разработку игроками.

© ООО Компания ЭниЛоджик | www.anylogic.ru

Итог и прогноз – часть II, позитивная (1/3)

- Спрос на ИМ со стороны бизнеса медленно, но растёт. Факторы:
  - Как ни странно, в смысле осведомлённости (awareness) о возможностях ИМ рынок далек от насыщения – до сих пор есть много крупных компаний, где ИМ вообще не используется
  - Рост сложности бизнеса и запросов на его оптимизацию
  - Рост производительности компьютеров => рост возможностей ИМ
  - Новые области применения, принесённые агентным моделированием
  - (редко) Нормы и законы (Отдельно заметим, что автор против принятия в России любых норм, обязывающих проводить имитационную экспертизу проектов – мы легко можем себе представить, какие будут делаться модели и по какой схеме)

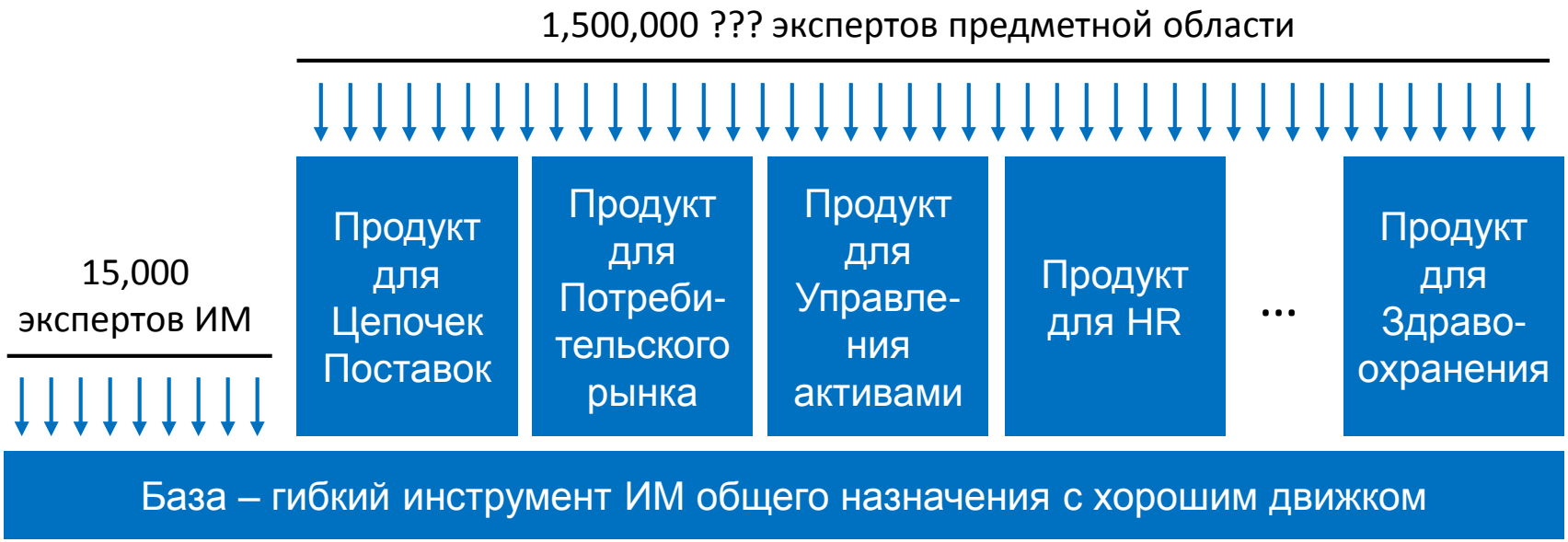
- Заметим попутно, что Big Data пока не стимулируют интерес к ИМ, это будет позже
  - Big Data используется в основном для анализа происходящего, но не для предсказания и оптимизации*



*www.ge.com/digital/sites/default/files/industrial-internet-insights-report.pdf

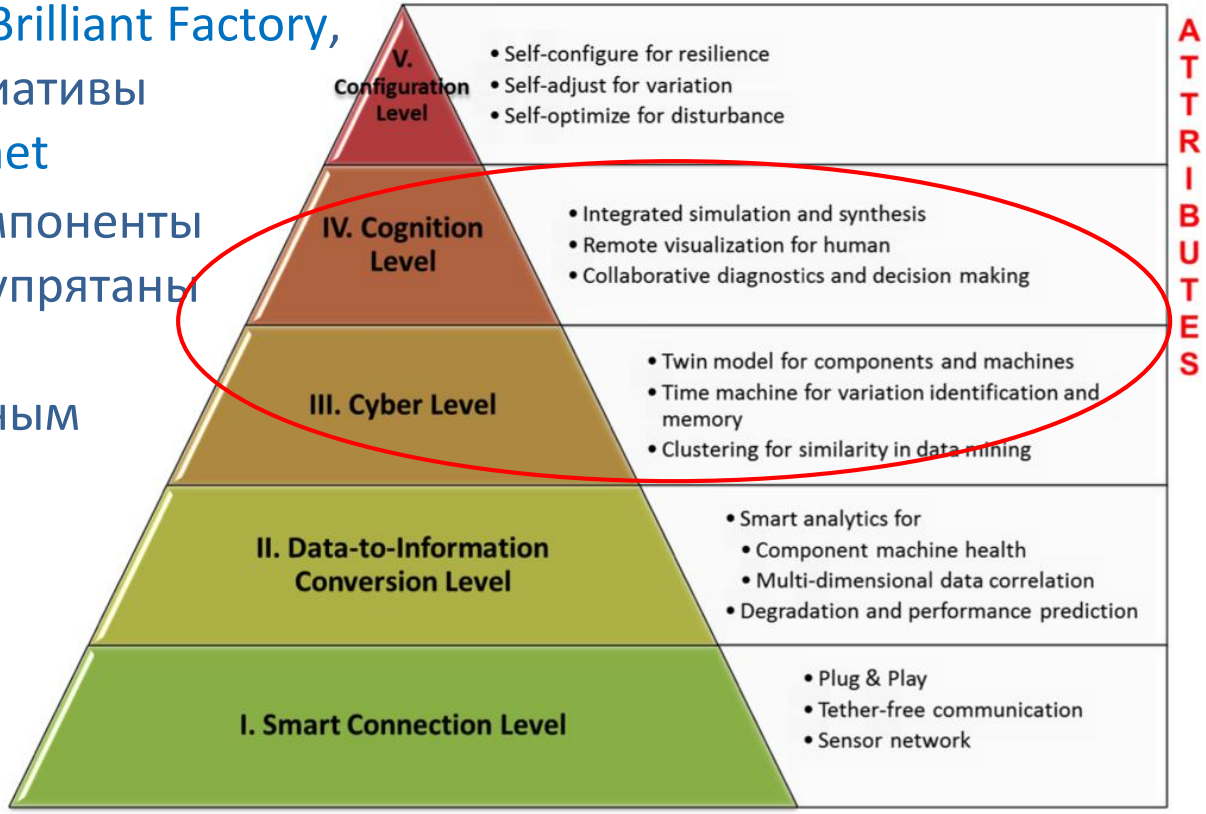
Итог и прогноз – часть II, позитивная (2/3)

- Со стороны продуктов спрос будет удовлетворён за счёт инструментов и библиотек более высокого уровня, построенных под конкретную область, предоставляющих упрощённый интерфейс и снижающих требования к пользователю
  - Самая горячая тема сейчас – цепочки поставок (supply chains)
  - Появятся продукты для HR, потребительских рынков, управления парками, сетей трубопроводов, услуг здравоохранения, …



Итог и прогноз – часть II, позитивная (3/3)

- Кроме того, ИМ-компоненты будут всё больше встраиваться в специализированные аналитические платформы для поддержки принятия решений
  - Например, GE Brilliant Factory, в рамках инициативы Industrial Internet
  - Но там ИМ-компоненты будут глубоко упрятаны за проблемно-ориентированным интерфейсом

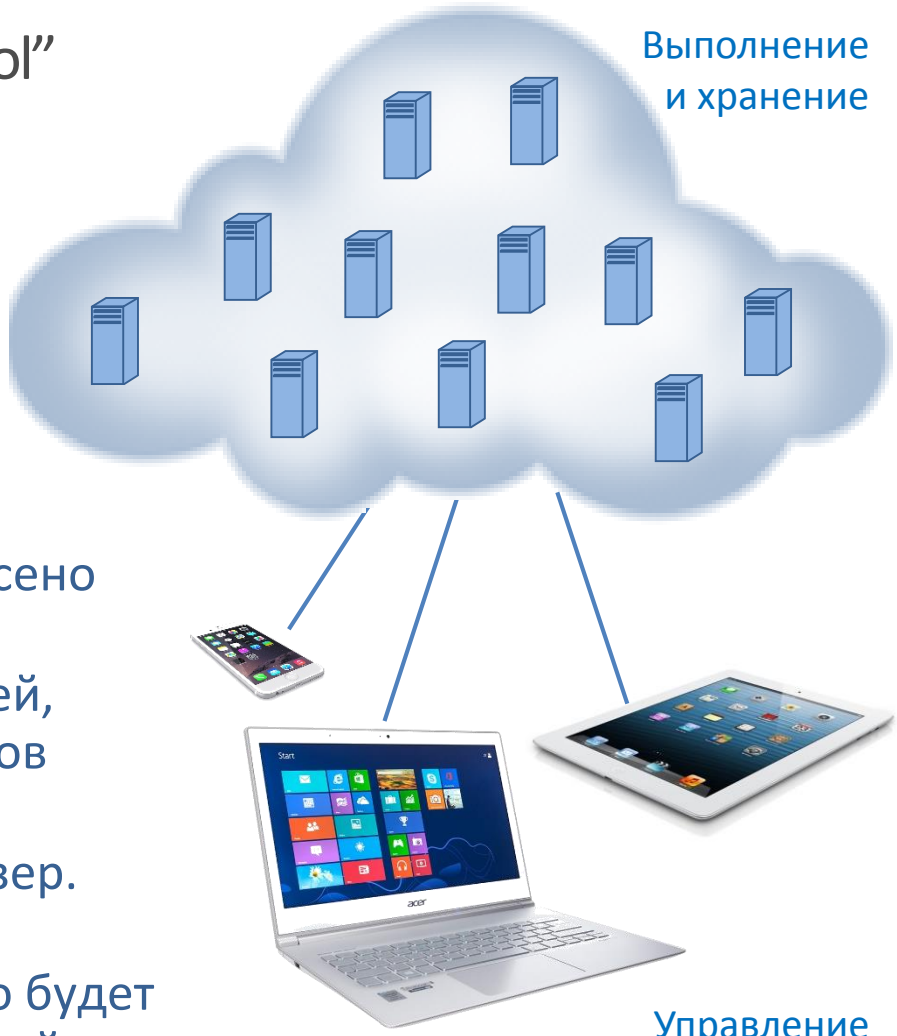


Прогресс в области методов и языков

- В СД за последние 50 лет не появилось НИЧЕГО нового. Идёт фиксация status quo
  - Например проект обмена моделями XMILE (xmile.systemdynamics.org)
- ДС моделирование за те же 50 лет методологически тоже не изменилось – те же процессы, заявки, ресурсы
  - Хотя, конечно, постоянно совершенствовались библиотеки блоков, их гибкость, возможности анимации и т.д.
- Единственное относительно новое – появление в начале 2000-х агентного моделирования и его признание практиками ИМ
  - В настоящий момент продолжается формирование этой области, выделение фундаментальных понятий, таких, например, как социальная сеть или диаграмма состояний
- А также – совмещение разных подходов в одной модели

Как изменится разработка и выполнение ИМ?

- Разработка останется “oldschool” desktop-приложением
- В области выполнения ИМ, управления выполнением и доставки результатов пользователю нас ждут очень интересные изменения:
  - Выполнение ИМ будет перенесено в облако и распараллелено
  - Там же будет хранение моделей, сценариев запуска и результатов
  - Управление экспериментами и результатами перейдёт в браузер.
  - Запускать модель, смотреть результаты и анимацию можно будет из любого места, с любого устройства



Спасибо!

AnyLogic.RU

Пока Вы здесь, на ИММОД 2015, Вы можете:

- Послушать доклад Павла Лебедева и Алёны Белошапко ”Новые концепции разработки сложных имитационных моделей в среде AnyLogic 7”
  [Четверг, 22 октября, 12:00]
- Посетить Мастер-класс Павла Лебедева по AnyLogic 7
  [Пятница, 23 октября, 12:00]
- Прийти к нам на стенд в любое время

© ООО Компания ЭниЛоджик | www.anylogic.ru