

М.Н.Хохлова
Компания «Цефей»
тел./факс: (495) 792-5711
e-mail: info@cefey.ru
<http://www.cefey.ru>

ЭВОЛЮЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ

*По странам и векам несется конница,
Которая крушит и подчиняет;
Но двигатель истории – бессонница
У тех, кто познает и сочиняет.*

Игорь Губерман

Человечество за последнее столетие научилось создавать очень сложные и многокомпонентные материальные и нематериальные объекты и технологии. Освоение космоса, глобальные коммуникации, гигантские сооружения, автоматические производства, разрушительное вооружение и т.п. представляют собой системы, **масштаб** которых **глобален**, качественно **велико количество** составляющих их **элементов и взаимодействий** между ними, используемые **знания** для создания компонент – **междисциплинарны**.

1. ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ

В настоящее время сформирована реальная потребность **изменения скорости модернизации и развития** всего созданного и создаваемого человеком.

«**Оживить**» **технологию совершенствования**, внести в нее эволюционную динамику – является приоритетной задачей современного познания и созидания.

Кроме того, мы стоим только на пороге познания «**живых**» (**living**) **систем** – социальных, экономических, политических, биологических, климатических и т.п.

Наряду с тем, что они качественно сложны, - они **непрерывно** стремятся к **развитию и расширению**.

Сегодня наиболее характерное понятие, которое объединяет «озабоченности» политиков, экономистов, ученых, каждого человека – **нестабильность** и высочайший **динамизм** происходящих непредсказуемых, хотя в ряде случаев изначально планируемых, изменений. Информационные агентства ежедневно с утра до вечера сообщают о новых фактах экономических взлетов и провалов, политических и силовых акциях; климатических, экологических,

техногенных катастрофах; терроризме; социальных взрывах, неповиновении, жестокости и депрессии...

Мало того, что рассматриваемые предметные области **слабо детерминированы**, неопознаны, они характеризуются **коротким временем «постоянства»** выявленных **законов и закономерностей**, наблюдается повышение **скорости адаптивности** элементов предметной области к изменяющимся условиям. При этом темпы виртуальной, психологической, сознательной и т.п. адаптивности, несомненно, выше темпов материальной, конструктивной, физиологической и т.п. адаптивности. К тому же сам человек сознательно или неосознанно вносит изменения, последствия которых существенно влияют на мировое пространство. Оно, влияние, усиливается **глобализацией - растущей степенью интеграции**: связностью предметов и процессов, которые недавно еще были слабо зависимы.

Живые системы неповторимы, **индивидуальны** в каждый момент времени. Человек систематизирует, структурирует, классифицирует все их многообразие, по выделяемым, порой интуитивно, множествам осознаваемых свойств.

Сформированы гигантские хранилища представленного в различных формах и по различным принципам многократно дублированного несопоставимого знания и актуального, и исторического.

Энциклопедические принципы суммированного накопления разнохарактерных знаний (в том числе скрываемых), **традиционные предметно-ориентированные и функционально-ориентированные систематизации и структуризации** окружающего мира создают огромное количество **разрозненных дисциплинарных моделей** его материальных и нематериальных частей. Именно посредством описания и осознания этих различных моделей – физических, химических, экономических, функциональных, организационных, биологических и т.д., человечество **пока** формализует, накапливает, передает из поколения в поколение и использует все свои знания.

Но мир един.

Резюме:

Живые системы – сложны, динамичны, слабо детерминированы, индивидуальны, адаптивны, взаимосвязаны, открыты...

2. ТРАДИЦИЯ РЕШЕНИЙ

Обычно человек для понимания или создания сложных объектов субъективно, каждый по-своему, разделяет их на более простые составные части, а каждую часть в свою очередь делит еще и еще, пока не сможет эффективно описать каждый выделенный элемент – **модуль**. Такая **последовательная многократная иерархическая декомпозиция**

применялась во всех направлениях деятельности для обеспечения параллельной работы, уменьшения сложности, структуризации знаний...

Принципы, а, следовательно, результаты, декомпозиции единого сложного объекта в каждом конкретном случае **зависели от предметных целей, задач, ограничений рассматриваемых функций** и т.п.

При этом неизбежно **терялись реальные связи**, в том числе множественные капилляры разнохарактерного взаимодействия реальных объектов в разномасштабных искусственно выделенных модулях.

На их месте создавались **интерфейсы обобщенных отношений границ**.

Итак, виды и результаты структурного деления единого сложного целого, и использование только **«значащих», основных свойств и параметров** (научный подход) существенно зависят от **дисциплинарного взгляда и первоначальных целей и задач**.

Этот принцип специализации познания, недавно еще перспективный, на сегодняшний день фактически сформировал существенные **междисциплинарные барьеры**. Одни и те же свойства, многократно повторяясь, используются в разрабатываемых модулях, их повторяемость растет с более детальным предметным изучением рассматриваемого единого объекта. Мы наблюдаем как при разностороннем изучении различных предметных областей вглубь – осуществляется движение навстречу друг другу - **конвергенция**.

Отсутствие общего **междисциплинарного языка** и **единой междисциплинарной модели** объекта серьезно тормозит познание и эффективность управления.

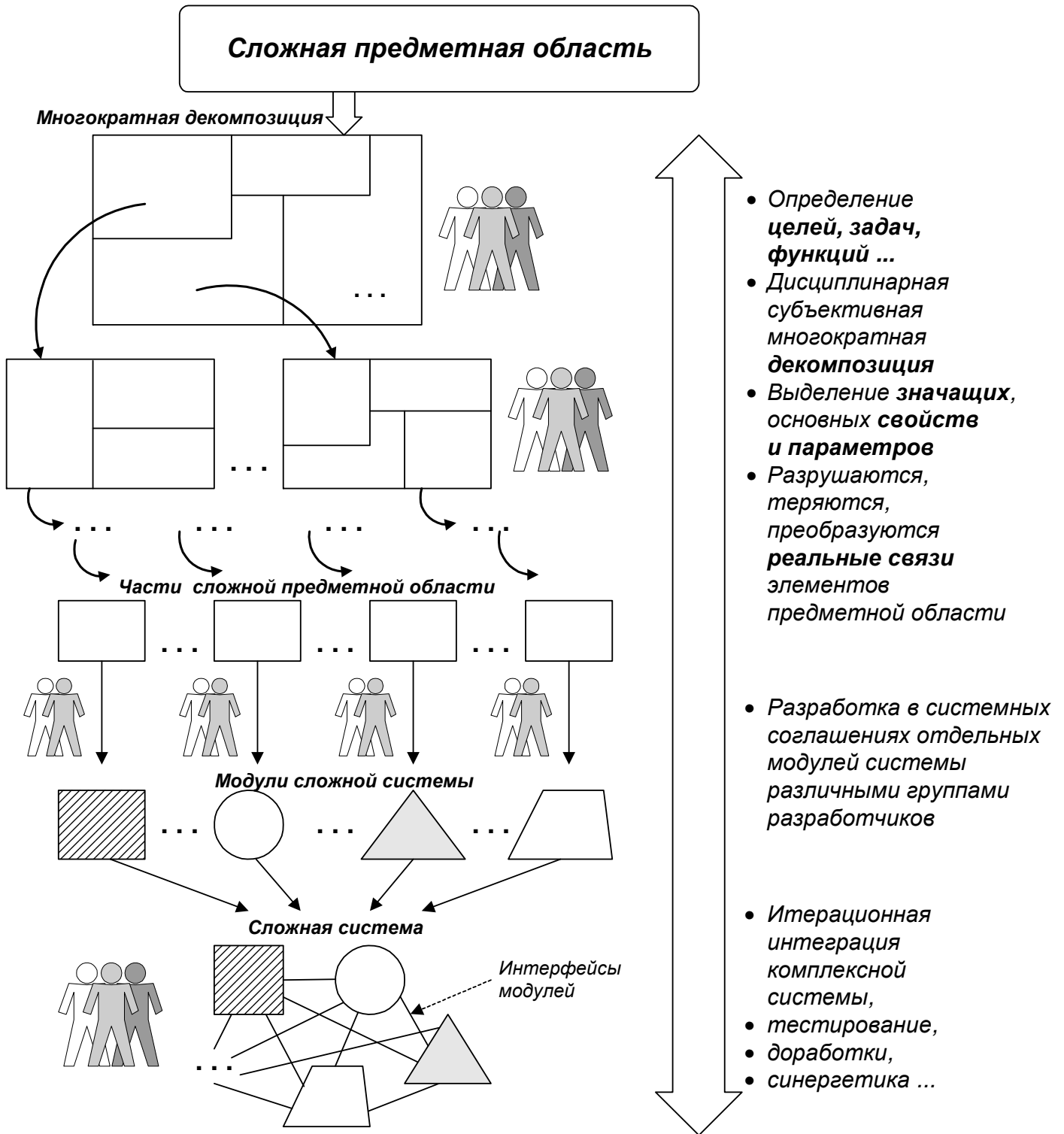
Схематично традиционный подход к проектированию систем представлен на Рис. 1.

Для познания, проектирования или создания каждого элемента сложной предметной области вводились строгие общесистемные соглашения, которые в дальнейшем служили основой возможности **интеграции результатов разрозненного индивидуального труда множества коллективов**.

Соблюдение всех системных соглашений и контроль за их исполнением в комплексных интеграционных проектах носили **организационно-регламентный характер** и требовали значительных усилий для их реализации.

Трудно представить, что возможно изначально полно, качественно и оптимально продумать все концептуальные принципы исполнения всех элементов сложных систем до их создания. Каждая неточность приносит **огромные потери времени и ресурсов**. В мире разработано множество стандартов, спецификаций, сертификаций, формализованных требований, но для инновации они порой мало эффективны.

Традиционный подход к проектированию систем



- ? **Степень адекватности системы и реальной предметной области**
- ? **Изменение и развитие системы**
- ? **Эволюция предметной области**

Рис. 1. Традиционный подход к проектированию систем

Интеграция, по своему сложный процесс, породила понятие «**синергетики**», т.е. появление у целого новых необъяснимых свойств, которые не были формализованы в частях его составляющих.

Несколько итераций интеграции и согласования интерфейсов между модулями исправляли грубые ошибки и заблуждения. Но все это **требовало главного – времени и стабильности, неизменяемости объекта**, пусть сколь угодно сложного.

Любое изменение в том или ином модуле вызывает **сетевое многократное резонансное «эхо»** соответствующих изменений в зависимых модулях спроектированного комплекса систем.

Этот структурный подход использован для создания и космического корабля, и компьютера, и подводной лодки, и робототехники... Но он **бессилен при появлении в сложной системе динамики изменений, слабой детерминированности, индивидуальности, открытости... Он существенно опаздывает за эволюцией.**

Даже время декомпозиции несоизмеримо больше времени между **различимыми** на современном научном уровне **изменениями** состояния свойств, законов жизни реальных систем.

Выходит, что традиционный подход изначально **существенно теряет изоморфность, адекватность** описания и создания **модели** динамично изменяемой предметной области.

Объемы, конструктивизм, хаотическая повторяемость, несовместимость, несопоставимость, разрозненных модулей накопленного знания, в том числе устаревшего, несоответствующего реальности, **сдерживает развитие познания, его доступность для каждого человека, прозрачность и простоту освоения.**

Перед нами стоят насущные задачи **повышения эффективности умственного труда, интеллектуальных коммуникаций, коллективного разума.**

Традиционные подходы не дают ответа на вопросы:

- какова степень адекватности реальной предметной области и проектируемых управленческих систем?
- как эффективно внести изменения в сложную интегрированную систему?
- как эффективно отразить эволюцию предметной области?

Анализ продвигаемых на глобальном рынке, а также анонсируемых технологий и продуктов (в том числе услуг) мировых лидеров IBM, ORACLE, SAP, MS и др., говорит о том, что они не могут решить поставленных проблем и в полной мере служат историческими экспонатами описанных традиционных подходов.

Резюме:

Традиционные подходы не адекватны, итерационны, комплексно сложны, дороги, требуют много интеллектуальных, технологических временных и других видов ресурсов для реализации,...

Мы предлагаем иную, новую идеологию эволюционного моделирования сложных динамических объектов предметной области.

3. ИНФОРМАЦИЯ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗНАНИЯ

Моделирование является наиболее общим методом работы человеческого сознания при взаимодействии людей друг с другом и с окружающей средой.

Любая человеческая фраза является формальной моделью адекватно или неадекватно отражающей реальные мысли, знания, чувства, желания...

Язык жестов, звуков, символов,... формализует информацию и методы ее использования сознанием человека.

При том, что у людей есть столько причин не понимать друг друга:

национальная культура (в том числе Язык); гендер; возраст; образование; интеллект; религия; идеология; общественный статус; экономические возможности; психология; мораль и т.п.,

они все-таки совместно находят решения комплексных задач в быстро меняющейся и непредсказуемой среде.

Основа этому – **единые** человеческие **принципы** формализации **смысла**.

Люди способны сформулировать, воспроизвести, донести, понять, накопить, передать, использовать **единый смысл**. При этом лингвистические модели описания единого смысла могут быть различны: на русском языке, на китайском, на профессиональном языке, «высоким стилем», нецензурно, на жаргоне нового поколения..., главное, что в них заложены общие принципы работы эволюционирующего сознания.

В настоящее время прогрессирует эксплуатация и бессовестное использование сформированной за миллионы лет **чувственной системы человека** (системы восприятия информации) **формами, имитирующими привычное содержание и поведение окружающего мира**. Накопленный человеком опыт восприятия визуальных, звуковых, вкусовых, осязаемых и т.п. форм переживает испытание расшатыванием всей системы чувств обманом и иллюзиями. Но этот жесткий путь ведет нас к преодолению и совершенствованию.

Необходимо сформировать новые концептуальные подходы к структуризации реальных смысловых свойств предметов и процессов из многообразия их форм, воспринимаемых человеком. Создать технологии выделения знания из бесконечности информации, структурировать в знании главное:

Содержание, Форму, Поведение...

- Каков способ умения человека различать сущности, выделять смысл?
- Как в человеке при восприятии окружающего мира поддерживается интуитивно необходимый ему баланс многообразия и унификации?
- Каков метод познания и определения свойств окружающего мира, анализа кинетики и потенциала мутации этих свойств, их взаимовлияния и взаимозависимостей?
- Что дальше?
- Эволюция предсказуема?

Сегодня не существует единой модели того или иного предмета или процесса. Они **теряют свой обобщенный смысл в многообразии принципов рассмотрения:**

модели организационные, дисциплинарные, технологические, функциональные, событийные, структурные, регламентные, информационные, документооборота, ресурсные, процессные, классов, прецедентов и т.д., а также модели как совокупности различных комбинаций принципов создания.

Повысить эффективность принимаемых решений, оптимизировать обработку накопленных знаний, сбалансировать управление глобальными ресурсами и процессами возможно при реализации новых принципов формализации и моделирования, которые мы опишем в следующих главах.

Резюме:

Необходимо моделировать единую модель знания об окружающем мире на едином смысловом языке.

4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Поиск **нового междисциплинарного языка обобщения познания для единого эволюционного описания модели** окружающего мира, несомненно, лежит в области современных информационных технологий (ИТ).

Вот уже несколько десятилетий ИТ неразрывно связаны с любой деятельностью человека.

В мире на протяжении последнего времени разобщенными группами разработчиков-программистов написаны **миллионы разрозненных программных продуктов** на разных языках (в том числе языках программирования) для различных вычислительных комплексов и устройств.

Эти миллионы прикладных программных продуктов, в том или ином виде решая те или иные задачи, являются **несопоставимыми** и

несовместимыми кусками модели наших представлений о реальном мире.

Созданное программное обеспечение оказывает как прогрессивное воздействие на деятельность человека, структурируя, алгоритмизируя, оптимизируя, ускоряя ее, так и со временем становится **тормозом, формальным сдерживающим каркасом**, в котором **невозможно динамическое развитие реально уходящей вперед жизни**.

Бурное развитие самих информационных технологий – как отрасли знаний, обеспечивающих передачу, хранение, обработку, визуализацию и т.п. данных, накладывают **дополнительный фактор старения** на вчера еще передовое программное обеспечение и вычислительные средства.

ИТ автоматизировали массовое производство информации, а, следовательно, и информационных **отходов, мусора**. Человек с трудом находит реально полезную и востребованную информацию. Она сама изощренно повсюду ищет его внимания, соблазняет динамичной простотой потребления. **Информационная аллергия** требует иных методов осознания и представления формы, содержания и поведения окружающей среды, формализации смысла.

Современные технологии имеют возможность концептуально изменить процессы моделирования и управления.

Еще вчера мы были **информационно разделены пространством, временем**, разнообразными не стандартизованными программно-вычислительными средствами.

Порция информации передавалась физической или виртуальной эстафетой из пункта А в пункт В в виде документа.

Устаревшие возможности ИТ сформировали в сознании человека приоритеты **документарного подхода к описанию процессов**, в том числе бизнес-процессов. На основе принципов документооборота строились системы управления крупнейших мировых компаний. Предлагаемые автоматизированные системы управления подчас тщательно и скрупулезно «до запятой» дублируют реалии, которые действительно были обоснованы и необходимы, **но вчера**, без использования новых технологий. Повальное увлечение автоматизированными, на глазах раздувающимися документооборотами многократно усложняет понимание их основного смыслового содержания – **регистрацию событий**, которые реально необходимы для адекватного отражения **изменения состояний** главного: **предметов** (материальных и нематериальных) и **процессов**.

В настоящее время возможно **распределенно**, т.е. из различных точек пространства, но **одновременно** увидеть **единое состояние информации**.

Пространство и время не являются препятствием одновременного доступа к единому знанию. Документу нет необходимости «ходить», ему теперь достаточно менять свое статусное состояние стадии обработки, т.е. необходимо изменить методологические принципы проектирования решаемых задач.

Кроме того, требует концептуального пересмотра сама технология создания прикладных программ конечного пользователя, включающая **многочисленные многократно повторяемые этапы** итерационной реализации **динамично уточняющихся желаний заказчика.** Многочисленные стадии разобренных работ от постановки и формализации задачи до эффективной эксплуатации программного решения в настоящее время осуществляются

консультантами и системными аналитиками, постановщиками и разработчиками, программистами и тестировщиками, техническими писателями и внедренцами, специалистами центров обучения, сервисного сопровождения, технической поддержки и т.п.

Важно, наконец, сократить расстояние между специалистом и необходимым ему программным приложением, убрать многочисленных толмачей «с русского на русский», так замечательно проиллюстрированных на Рис. 2 лет тридцать назад. Игру в «испорченный телефон» необходимо оставить для досуга. Растет общее недовольство деятельностью столь многочисленной касты программистов:

дорого, долго, некачественно, результаты не адекватны требуемой задаче, формируется зависимость от конкретных исполнителей, проблема внести изменения в «черные ящики» текущих программ, в которых никто не хочет разбираться, бесконечное обоснование предложений начать все сначала и по-другому...

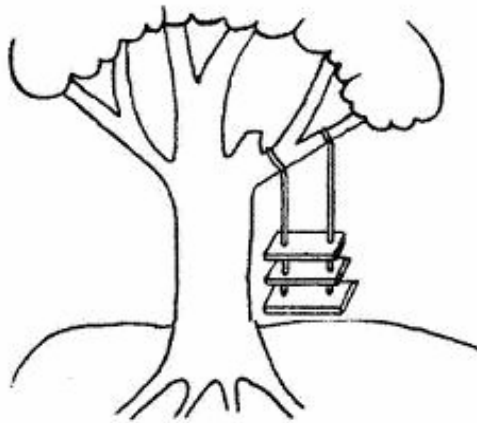
Процесс – всё, результат – ничто.

Резюме:

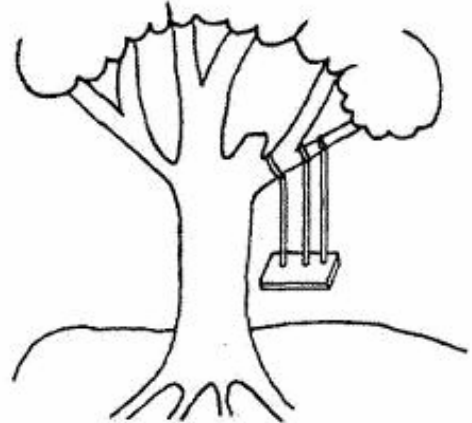
Пришло осознание, что необходимо внести изменения в саму методологию программирования и главное, что **время проектирования и создания исполняемого программного обеспечения должно быть сопоставимо со временем познания или различного изменения предметной области.**

Иллюстрация 70-х годов технологии создания программ

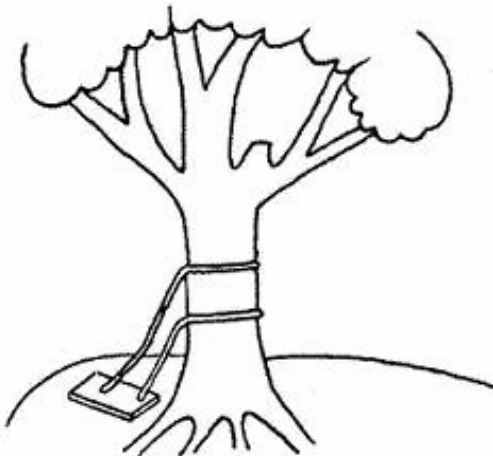
"Качели" или "Как создаются программные комплексы"



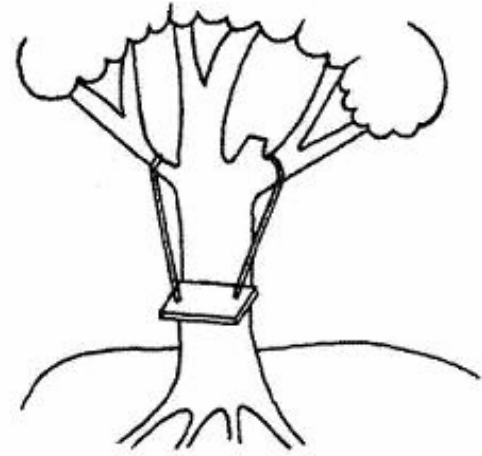
Как было предложено
организатором разработки



Как было описано
в техническом задании



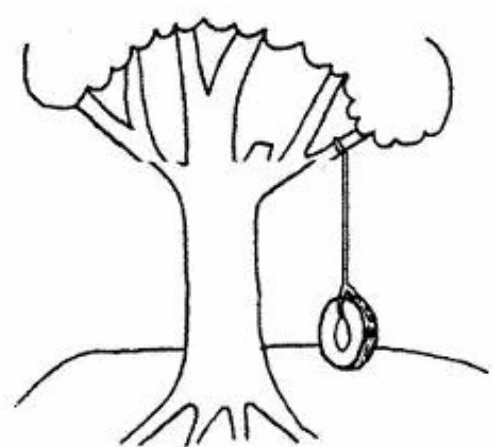
Как было спроектировано ведущим
системным специалистом



Как было реализовано
программистами



Как было внедрено



Чего хотел пользователь

Рис. 2.

5. НОВЫЙ ПОДХОД. ФИЛОСОФИЯ

В обществе обсуждается **падение интереса большинства** людей к фундаментальным основам мироздания.

Для этого есть достаточно простое объяснение: интерес наталкивается на непреодолимую стену, которая каждодневно складывается множеством дисциплинарных все усложняющихся терминологических научно-технических жаргонов; а также несопоставимой противоречивостью разрозненных теорий научных школ, которые свято охраняют границы и приграничные зоны от людей «не их круга». «Мы ошибочно принимаем неясность за глубину» (К.Поппер).

В результате существенно понижается уровень самих научных споров, «железобетонные», однократно полученные профессиональные ярлыки защищают **привычность знания от реальной жизни**.

Кроме того, особенно в последние десятилетия именно **бизнес-логика** существенно довлеет над вектором **научных исследований**, оплачивая или не оплачивая ее устремления, рационально подсчитывая **скорость и объемы дивидендов** с каждого вложенного рубля.

Однако переход от локального бизнеса к глобальному поступательно порождает потребность возвращения интереса к философии природы.

Нами сделана попытка создать теорию, методологию, технологию, которая обеспечит:

- эволюционное выделение **знания из информации**;
- эволюционную трансформацию разрозненных знаний в **единую адекватную модель**;
- совмещение различных теорий для **создания глобального взгляда** на мир, который будет отражать текущие представления об окружающей среде и уровне цивилизации;
- преобразование **научного знания в научную культуру**, т.е. обеспечение любого человека возможностью представить и понять знание, **приблизить использование знания к его пониманию**.

Основными положениями новой е-философии являются:

□ **Единый мир – единая е-модель.**

Один и тот же материальный или нематериальный объект и его те или иные свойства могут быть применимы в разное время для решения множества задач.

Предлагается:

- **не декомпозировать** сложную предметную область на функциональные, дисциплинарные и т.п. модули, блоки, модели;

– последовательно коллективно создавать единую эволюционную обобщенную междисциплинарную виртуальную модель – е-модель и использовать ее в различных целях.

□ **Единая е-модель – система состояний целевых воздействий.**

Если человеческое познание порой придерживается некоего нейтралитета по отношению к окружающему миру, то созидательная деятельность социума ярко выражено направлена на достижение целей.

Вектор цели традиционно воплощался в диктате **эффективного решения** для ее достижения. Не в полной мере оценивались применяемые методы и совокупные последствия.

Но сегодня в условиях глобализации у человечества должна измениться философия:

вектор цели должен опираться на сбалансированное решение.

Предлагается реализация качественного перехода от **локальной рациональности** управляющих систем к **глобальной рациональности** систем состояния целевых воздействий, балансу.

□ **Единая е-модель – эволюционный адекватный аналог** представлений об окружающем мире, обобществленное междисциплинарное знание.

Наши представления об окружающем мире находятся в динамическом изменении из-за эволюционного изменения самого мира, степени его познания, вносимых изменений со стороны самого человека.

Предлагаются средства, позволяющие **выращивать модели** (структуризация, наследование и синтез) совокупного знания и технологии, обеспечивающие **сопоставимость времени осознания изменений реальной жизни с временем их реализации в проектируемой и исполняемой е-модели.**

Модель содержит как детерминированное знание, так и элементы нечеткой логики.

□ **Единая е-модель – коллективный интеллектуальный труд.**

Окружающий мир сложен и велик. Предполагаемая е-модель объединяет **интеллектуальный труд** поколений (время) и множества распределенно живущих людей (пространство).

В то же время е-модель является новым способом **обучения** с предоставлением для каждого возможности понять те или иные аспекты текущих представлений цивилизации о реальной жизни.

Коллективно создаваемая единая е-модель – это последовательная **интеграция и изъятие избыточности**, возможность **выявления противоречивости**, **повышение эффективности** проектирования и использования, **анализ, оптимизация, прогноз,...**

Коллективное творчество в е-модели **индивидуализирует** и **авторизует вклад** каждого человека и позволяет на равных свободно «высказать» свое мнение, доказать его справедливость.

□ **Единая е-модель – единый язык.**

Для коллективного интеллектуального труда необходимо единое однозначно понимаемое средство общения, средство интеллектуальной смысловой коммуникации.

Средством формализации единого знания из многообразия информации является е-язык:

- виртуальный (имеющий электронно-цифровой аналог),
- графический (образный, в отличие от последовательного текста),
- эволюционный (изменяемый и развивающийся во времени),
- смысловой (имеющий единые принципы осознания человеком).

Графический виртуальный е-язык может иметь перевод на различные другие, в т.ч. естественные человеческие языки.

Резюме:

Новая е-философия закладывает основы нового ренессанса в познании, сбалансированной гармонизации глобального управления, изменения парадигмы программирования...

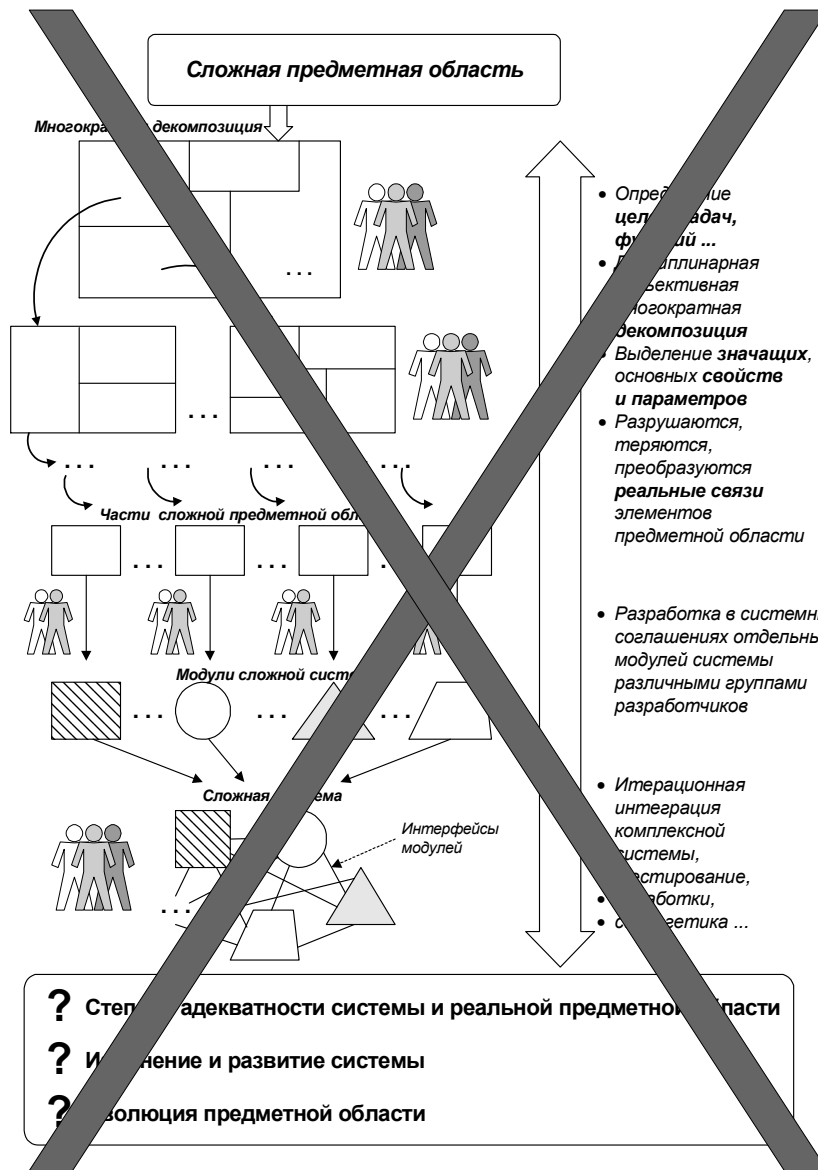
6. ЭВОЛЮЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Предлагается **новый подход** (теория, методология и технология) проектирования **единой адекватной эволюционной е-модели систем управления** сложной динамической слабо детерминированной предметной области в виде универсального гиперграфа большой размерности с последующей **автоматической генерацией программных приложений конечного пользователя** (Рис. 3).

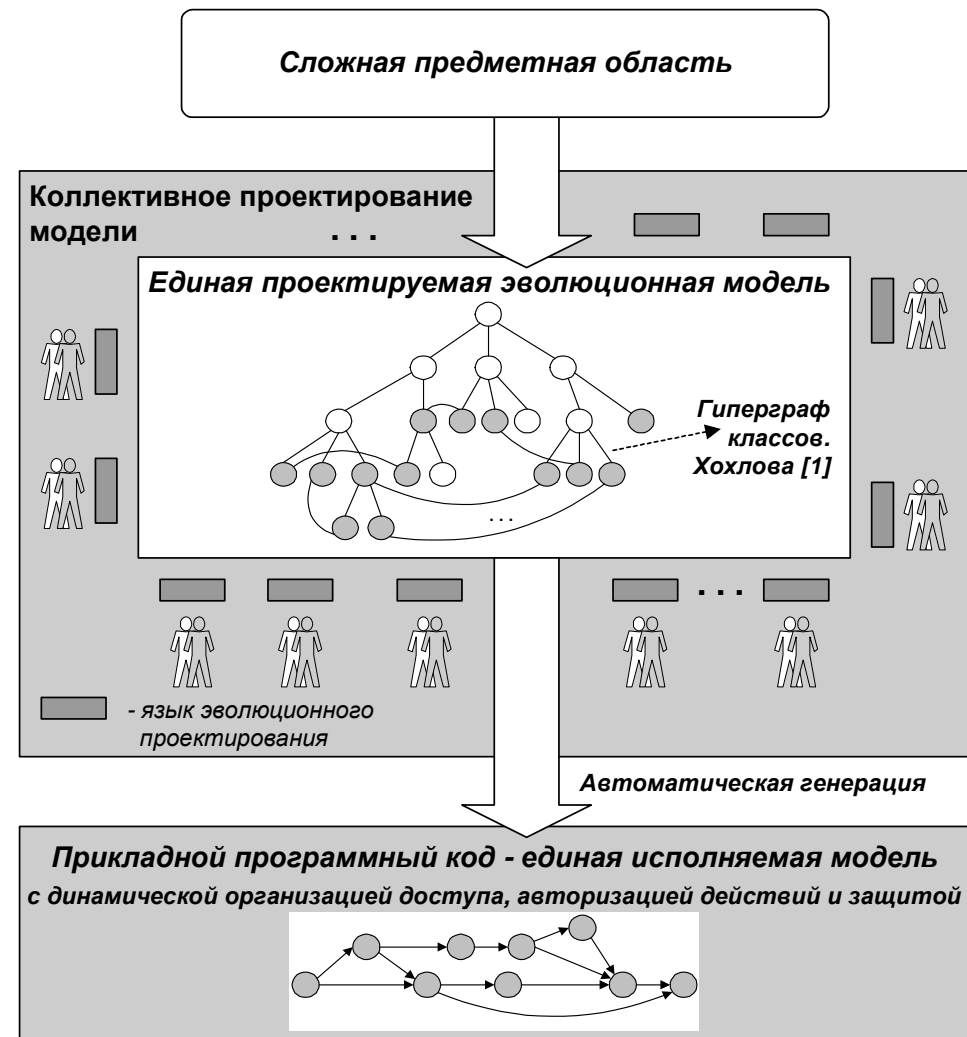
Более детально подход описан в работе «Теория эволюционного моделирования».

Теория эволюционного моделирования позволяет проектировать единую (в отличие от аналогов) е-модель предметной области на основе фиксированного набора базовых классов. Ключевым понятием при этом выступает *гиперграф классов*, вершины которого описываются базовыми *классами трех типов* и их наследниками, а связи проектируются на основе *семи принципов бинарных отношений и трех видов множественных отношений*. Гиперграф классов имеет четырехуровневую иерархическую архитектуру проектирования в едином информационно-функциональном пространстве.

Традиционный подход к проектированию систем



Предлагаемый подход к проектированию систем



Моделирование:

- I порядка - воздействие, состояний, реакций (параметров) предметной области
- II порядка - структурного синтеза, топологии (процессов) предметной области
- III порядка - моделирование эволюции жизни и познания модели предмет.области

Рис. 3. Предлагаемый подход к проектированию систем

Предлагаемый подход качественно повышает эффективность создания и динамического сопровождения адекватных систем управления. В частности, это достигается использованием трехуровневой системы моделирования:

- на уровне моделирования **информационных воздействий, состояний и реакций,**
- на уровне моделирования **вариантов использования методов и алгоритмов,**
- на уровне моделирования **элементов** (свойств, классов, связей) **самой е-модели,**

что позволяет получить полную систему состояний предметной области.

Эволюционная е-модель – гиперграф содержит следующие основные группы временных (t_i' , t_i'' , t_i''') рядов

t_i' – событийный временной ряд **эволюции е-модели** – изменений гиперграфа классов,

t_i'' – событийный временной ряд последовательности **использования объектов** исполняемой е-модели,

t_i''' – событийный временной ряд **процессов** управления и жизни поколений **экземпляров** реального мира.

Процессы в е-модели структурируются в два основных вида:

- **процессы бытия, жизни предметов и процессов** (синтез, разрушение, трансформация, несбалансированное движение неаддитивных сущностей, сбалансированное движение аддитивных сущностей...);
- **процессы управления** (наблюдение, измерение, воздействие, анализ, прогнозирование...).

Данные принципы разграничения процессов существенно определяют архитектуру языка, базовые классы.

Они явно позволяют оценить результаты управляющих воздействий, которые ускоряют или замедляют процессы бытия.

Теория предусматривает использование следующих взаимосвязанных архитектур:

архитектура языка (элементы языка, правила использования, семантика, синтаксис...)

архитектура е-модели (гиперграф классов, фундаментальный уровень, информационно-технологический уровень, системно-ориентированный уровень, предметно-ориентированный уровень, проектируемая и исполняемая е-модели, рабочие

столы – подграфы, распределенная разработка, оптимизация...)

архитектура программного обеспечения (дизайнер, репозиторий, компилятор, отладчик, исполняемый код, сервер приложений...)

архитектура доступа, хранения и обработки данных (технология клиент-сервер, хранилища, параллельные вычисления, интернет-технологии, эмуляция терминала...)

Методология эволюционного моделирования обеспечивает *«выращивание» единой e-модели сложной предметной области на едином формализованном языке, с любого элемента сложного объекта, в любой последовательности описания необходимых свойств и связей, одновременно с группой коллег, находящихся в любых точках мира, в меру интеллектуальных сил и познанных законов, междисциплинарно, используя знания предшественников.*

Методологический сценарий формализации знания из информации, в том числе интеграции знания из миллионов программных продуктов, предусматривает последовательное определение структуры свойств **содержания**, множества **форм** и вариантов **поведения** рассматриваемой предметной области. Он позволяет, эволюционно устранив избыточность:

- нарастить используемые идеографические предметные словари,
- выразить с их помощью новые свойства рассматриваемых и вновь определяемых материальных и нематериальных сущностей,
- описать способы и формы регистрации и контроля изменения их состояния,
- сформировать единицы измерения аддитивности рассматриваемых сущностей для формирования и понимания их движения, баланса, его источников и меры неопределенности,
- осуществлять анализ, оптимизацию, планирование, прогнозирование,
- ...

Кроме этого разработаны **сценарии и методики работы с гиперграфами:**

их анализ, автодокументирование, сравнение, выделение подграфов, слияние подграфов, прототипизация, оптимизация, контроля реальной используемости свойств и вершин, их деградации...

Технология эволюционного моделирования представлена комплексом масштабируемых мультиплатформенных Internet-ориентированных *CASE-инструментов проектирования открытой e-модели на основе объектно-ориентированных принципов* (инкапсуляция, наследование, полиморфизм). Выбор необходимого функционального состава системы управления (подграфа единой модели-гиперграфа) осуществляется специальным *навигатором*. В любой момент времени специализированный *компилятор* позволяет выполнить *автоматическую генерацию программных приложений* выбранных конфигураций исполняемой e-модели.

E-модель с ранней стадией создания может использоваться в реальной жизни и становится в тоже время частью ее.

Технология эволюционного моделирования позволяет:

- уменьшить **время разработки** систем управления;
- обеспечить **эволюционное развитие** программных комплексов;
- исключить затраты на **интеграцию** разнородных программ;
- эффективно использовать **накопленный опыт** проектирования;
- снизить затраты на **сопровождение и развитие** комплексов;
- повысить **надежность** сложных систем управления;
- сократить **объем ресурсов** на создание, эксплуатацию, развитие систем управления.

Использование предлагаемых технологий эволюционного моделирования дало многочисленные качественно эффективные результаты. Одним из них явилось создание ERP системы нового поколения ERP/EMB (Enterprise Resource Planning/Evolutionary Model of Business), которая была спроектирована в течение нескольких месяцев тремя десятками системных аналитиков. Гиперграф реальной системы управления крупным предприятием включает более 10 тысяч вершин и 10 миллионов связей.

В данной технологии реализовано более 700 проектов для бизнес-структур и органов государственного управления. Выполняются работы **по созданию e-модели национального законодательного пространства** (не текстов, а эволюционной виртуальной модели, формализующей объекты, субъекты, нормы и т.д. правоприменения). Планируется создать **глобальную e-модель национальных налоговых систем мира** для анализа их влияния на глобальную de facto и de jure миграцию налоговых субъектов (людей и бизнес-структур) и многое, многое другое.

Резюме:

Создана Теория эволюционного моделирования, позволяющая описать сложную систему универсальным гиперграфом большой размерности, при этом **количество типов** вершин, связей, сущностей, свойств гиперграфа **конечно и невелико**.

Ограниченность количества типов вершин и связей гиперграфа позволила создать **язык высокого уровня** для проектирования модели предметной области любого вида деятельности.

Если на языке высокого уровня описать систему, то есть сформировать вершины и связи гиперграфа в соответствии с предметной областью, то программное обеспечение для управления системой можно **сгенерировать автоматически**.

Для разработки программного обеспечения системы управления в конкретной **предметной области** нужны лишь специалисты по этой предметной области, овладевшие **технологией эволюционного моделирования**.

Технология согласованной, сетевой, интеллектуальной, коллективной **работы многих проектировщиков** в пространстве единой виртуальной е-модели-гиперграфа значительно уменьшает время и затраты на разработку, сопровождение и развитие систем управления.

Сформированы основы **электронной виртуальной библиотеки** моделей-гиперграфов для формализованного хранения знаний, обобщения опыта, анализа, оптимизации, обучения, исследований, дальнейшего использования прототипов и т.п.

Новая технология **отработана, апробирована, применена** на практике, создавая принципиально иные возможности повышения производительности коллективного интеллектуального труда.