

Эволюция нелинейных систем

[Борис Злотин](#)
[Алла Зусман](#)

Эволюция нелинейных систем	1
Предисловие	3
Достойная Цель	3
Краткая хронология работы	4
Предварительные результаты	6
Кредо авторов	7
Благодарности	9
Глава 1 Рабочие инструменты	11
Системный подход и Системное понимание	11
Описание или понимание – вот в чем вопрос	11
Всемогущий системный подход	15
Понимание	27
История понимания	27
Что такое – понимание?	29
Что значит понимать человека	35
Что значит понимать исторические события?	37
Дефекты понимания	37
Инструменты понимания	40
Формирование понимания в науке и технике	40
Техника сбора и структуризации эволюционной информации	42
"Сверхобучение"	42
Типовая схема сбора информации для эволюционного анализа	43
Поиск информации	46
Семантический поиск	47
Функциональный подход к поиску	47
Поиск по "портрету"	48
Сетевой поиск	48
И-поиск	49
Использование аналогий	50
Аналогия – древнейший механизм понимания	50
Техника применения аналогий	52
Причинно-следственный анализ	55
Выявление закономерностей развития	60
Диалектический (нелинейный) анализ	61
Уточнение и углубление известных законов	61
Статистические корреляции и поиск закономерностей	63
Выявление закономерностей путем анализа истории реальных систем	64
Выявление закономерностей путем анализа аналогий и совпадений в эволюции	64
Выявление закономерностей путем анализа «красивых» изобретений	65
Выявление закономерностей путем анализа ресурсов	66
Выявление закономерностей путем анализа выполненных проектов	69
Выявление закономерностей на базе личного опыта	69
Выявление закономерностей путем анализа «исторических загадок»	70
Выявление закономерностей путем «исследовательского чтения»	70
Выявление закономерностей путем написания книги	72
Перенос закономерностей развития	72
Общий алгоритм выявления закономерностей	74
Техника решения творческих задач	76
Некоторые методы активизации и организации поиска решений	76
Классический ТРИЗ	77

Ideation TRIZ	77
«Диверсионный анализ»	78
Методика решения исследовательских задач с помощью ТРИЗ	80
Метод построения эволюционных механизмов	83
Использование типовых объяснительных механизмов.	86
Общая техника научной работы в эволюционных исследованиях	88
Исследовательская и инженерная работы	88
Формирование эволюционного мышления	89

Предисловие

В этой книге авторы представляют результаты более чем 30 лет работы, посвященной формированию новой парадигмы эволюции на базе теории самоорганизации нелинейных систем и Теории Решения Изобретательских Задач (ТРИЗ). Главный инструмент, использованный в этой работе – техника решения исследовательских задач и построения теорий, созданная в рамках ТРИЗ авторами. Конечная цель работы – создание методов управления развитием систем разных уровней – от конкретных технических устройств до всей человеческой цивилизации в целом.

Все изложенное ниже - лишь введение, наброски к будущей Общей Теории Управления Развитием. Но китайская пословица гласит: «путь в 10 тысяч ли начинается с первого шага.

Достойная Цель

В 1985 году Генрих Саулович Альтшуллер, создатель Теории Решения Изобретательских Задач обратился к коллегам с предложением составить «Фонд Достойных Целей» - таких, которыми можно было бы заинтересовать и привлечь к творческой работе как можно больше талантливых молодых людей. Б. Злотин и А. Зусман приняли участие в этой работе, описав уже к тому времени вполне осознанную собственную цель, к которой шли с начала восьмидесятых годов. Приводим здесь точную копию написанного тогда плана:

К Фонду Достойных целей (ФДЦ)

Май 6.85

Цель - построение Общей Теории Развития систем (ОТР) Цель выбрана нами, но идти к этой цели одновременно могут тысячи

1. ОТР должна включать в себя исследование любых развивающихся систем - космологических, геологических, биологических, общественных, технических, научных, развитие искусства. Должно быть выявлено, что общее у всех этих систем (кроме самого факта развития) и чем они отличаются, почему развиваются по-разному. От общих закономерностей должен быть построен обоснованный переход к закономерностям отдельных областей, систем. Должны быть выявлены движущие силы развития разных систем, понято взаимодействие систем в развитии.
2. Разработка ОТР должна вестись тем же путем, что велась и ведется работа по ТРИЗ, то есть накоплением и анализом информационных материалов, выявлением аналогий в развитии разных систем. При этом необходима постоянная опора на ТРИЗ, как наиболее развитую систему
3. Промежуточными результатами работы по ОТР должны быть:
 - 1) Информационные обзоры по различным системам
 - 2) Решение актуальных задач развития в нетрадиционных для ТРИЗ областях
 - 3) Выявление и обоснование новых законов и закономерностей в развитии

Примерная оценка времени, требующегося на разработку темы. (В расчете на личную работу и на имеющийся уровень подготовки)

1. Углубленное изучение развития отдельных отраслей техники, в том числе военной техники - 2 года, измерительных систем - 1 год
2. Изучение биологической эволюции - 3 года (вдобавок к 2 уже потраченным на это годам)

3. Изучение истории математики - 2 года
4. Изучение истории физики общей 1 год и специальных разделов - термодинамики, электродинамики, механики - 2 года
5. Изучение истории и сегодняшнего состояния химии - 3 года
6. Изучение основ космологии, геологии, кристаллографии и т.п. - 3 года
7. Изучение истории искусства, искусствоведения, языкознания - 5 лет
8. Изучение истории философии, общества, религий, организационных систем - 5 лет
9. Изучение ошибок в развитии систем, тупиков в развитии, лженаук и т.п. - 3 года
10. Резерв - 5 лет

Итого 30-35 лет. Таким образом, к 2015-2020 году должна быть построена первая редакция общей теории развития. Разумеется, изучение разных областей должно вестись во многих случаях параллельно и не в том порядке, как написано

Цель в том, что человечество с помощью ОТР сможет увидеть - куда оно идет и сможет идти куда нужно. Расчет времени очень пессимистичный, если будут работать многие, срок можно в несколько раз сократить

Краткая хронология работы

- В 1975 году Генрих Альтшуллер разработал первую группу законов развития технических систем (ЗРТС) и Б. Злотин начал преподавать эти законы, использовать их для прогнозирования развития реальных технических процессов и устройств, а также включился в работу по формулированию и изучению новых законов развития.
- В 1982 году частью служебных обязанностей Б. Злотина стало прогнозирование развития разного рода насосов. Использование ЗРТС позволило выполнять эту работу очень эффективно с изобретением новых вариантов и в конечном итоге привело к выводу, что:
 - Из любого «сегодня» возможно несколько вариантов позитивного развития и несколько вероятных негативных вариантов
 - Из возможных вариантов развития важно выбрать предпочтительный и обеспечить его «победу» над другими и предотвратить развитие по нежелательным вариантам. Это возможно путем целенаправленного решения задач и создания "нужных изобретений".
 - Прогнозирование как пассивный процесс должно быть заменено активным процессом управления развитием, (позже этот процесс получил название «Директед Эволюшен¹» или DE).
- В 1984 году Б. Злотин и А. Зусман начали преподавать методику прогнозирования и управления эволюцией на различных ТРИЗ курсах
- В 1977 году Б. Злотин придумал и начал использовать метод выявления причин производственного брака, получивший название «диверсионный анализ» Сегодня используется название «Anticipatory Failure Determination» (AFD).
- В середине восьмидесятых годов А. Зусман на базе «диверсионного анализа» разработала методику решения научных задач. Оказалось, что, наряду с решением задач, эта методика позволяет «увидеть» в любой области множество задач - загадок, которые ранее не воспринимались как задачи. В науке умение ставить вопросы считается признаком специального таланта

¹ Directed Evolution® (Ideation International Inc. trademark) или DE - управляемая эволюция

ученого, здесь же это стало просто частью методики. Таланту не научишь, а методике можно научить любого. В результате Б. Злотин и А. Зусман, а также многие их ученики оказались «заражены» забавным хобби – выискиванием везде, где возможно и решением новых «загадок».

- Одним из самых интересных и неисчерпаемых источников «загадок» для нас стала история человечества, которой Б. Злотин и А. Зусман интересовались с детства. Сначала эти «загадки» были предметом развлечения, потом стали методом тренинга по решению исследовательских задач, а потом – частью наших работ по эволюции социальных систем.
- В 1982 году Б. Злотин и А. Зусман начали изучение эволюционной биологии² в надежде, что это существенно поможет работе над развитием технических систем. Это действительно оказалось полезным, но одновременно шокировало тем, что в дарвинизме выявилась группа острых противоречий и «загадок» для решения.
- В те же годы наше внимание было привлечено публикациями в популярных журналах по вопросам синергетики³. Возникло ощущение, что этот подход может помочь лучше понять действие законов эволюции. Мы начали более глубокое знакомство с вопросами развития нелинейных систем.
- Тогда же у нас возникли первые идеи о возможности применения законов развития технических и биологических систем к социальным системам, вместо явно провалившегося марксизма. Мы начали эти работы в глубоком секрете от всех, не без основания опасаясь «глаза КГБ». После начала Перестройки мы смогли вести эти работы открыто, а в начале девяностых годов они нашли эффективное применение в бизнесе.
- В 1985 году, после построения базовой методики решения исследовательских задач на основе «диверсионного подхода», мы начали работу по решению разных исторических задач и загадок – сначала просто как способ потренироваться в применении методики.
- Долгое время все эти направления исследований практически не были связаны между собой. Но в середине девяностых годов мы проводили ряд крупных проектов для клиентов в автомобильной и химической промышленности, в которых работы по прогнозу, AFD, решению технических, менеджерских, и социальных проблем, а также проблем бизнеса, оказались сильно смешаны и взаимозависимы. Это позволило нам сформулировать основные идеи Директед Эволюшен как *«Систематический процесс по разработке всестороннего набора сценариев развития рассматриваемой системы на базе законов развития технических и социальных систем и управления этим развитием для достижения желаемого результата»*.

Изучение многих областей – биологии, искусства и т.п. было в основном академическим, путем чтения книг, статей, в последние годы Интернет. Зато в технике и науке изучение закономерностей сопровождалось практической работой – за 30 лет авторы решили порядка 15 тысяч изобретательских и нескольких сотен

² Идея использования эволюционной биологии для этой цели была предложена нашим другом, специалистом по ТРИЗ В. Петровым

³ Первый "толчок" в этом направлении мы получили от нашего друга В. Олейникова, в начале 1983 года, а второй – от ТРИЗ специалиста В. Сибирякова на семинаре в Челябинске в 1986 году.

научных задач, провели более сотни проектов по Директед Эволюшен, более или менее детально проанализировали развитие тысяч разных систем. В период Перестройки в России и позже в Америке, куда Б. Злотин и А. Зусман переехали в начале девяностых годов, пришлось решать много задач в области менеджмента, бизнеса, логистики, медицины, разработки программных продуктов, обеспечения безопасности и т.п. Особенно полезным оказалось проведение различных прогнозов для клиентов. При этом понимание законов эволюции помогало все лучше выполнять коммерческие проекты, а выполнение проектов всегда давало лучшее понимание эволюции.

Предварительные результаты

За почти 30 лет работы авторы «наработали» множество идей, лишь небольшая часть из которых вошла в эту книгу, а также собрали огромное количество примеров и фактов, так или иначе подтверждающих приведенные в книге утверждения. Однако, включить их все в книгу просто физически невозможно, один список ссылок занял бы половину книги. Все идеи и выводы, не вошедшие в эту книгу, войдут в следующие книги, а огромный массив дополнительных замечаний и накопленных примеров предполагается разместить на Интернет в сайте [авторов "Личная творческая лаборатория Бориса Злотина и Аллы Зусман" \(ZZ Lab\)](#) .

Сегодня очевидно, что план, написанный в восьмидесятых, еще далек от выполнения. В процессе работы планы неоднократно корректировались. Мы отказались от глубокого изучения эволюции таких систем как космология и геология, вместо этого намного больше внимания, чем планировалось, было уделено развитию социальных систем и не упомянутых вообще в плане информационных систем. Очень важным также оказалось не упомянутое в плане изучение развития сложных нелинейных систем, к которым, как оказалось, относятся все эволюционирующие системы. Как результат этой работы возникло некоторое общее видение эволюции как фундаментального свойства сложных нелинейных систем⁴.

Уже на первых этапах нашей этой работы стало ясно, что главное – не столько объяснение эволюции, сколько использование этих объяснений для целенаправленного управления эволюцией. Писатели фантасты описывали управление будущим тысячи раз. Наверное, лучшее такое описание – идея Айзека Азимова о психоистории⁵ - науке, которая позволяет управлять развитием человечества. Азимов описывал создание психоистории через десятки тысяч лет, когда человечество распространится по всей галактике. Но сегодня ясно, что без управления будущим человечество скорее всего не переживет пару ближайших столетий. Людям нужна «психоистория», а когда люди в чем-то действительно нуждаются – это удастся сделать быстрее, чем предсказывает самая смелая фантастика. Целенаправленное управление своим будущим каждым человеком,

⁴ Нелинейная система в самом общем виде – система со сложной иерархически-сетевой структурой, пронизанная множеством обратных связей. В таких системах не работают принципы суперпозиции и простой причинности (то есть не эффективна классическая логика) и возникает множество специальных эффектов. В дальнейшем в этой книге будет дано очень подробное описание как нелинейных систем, так и их эволюции.

⁵ Айзек Азимов, цикл романов "Основание" и близкие идеи в романе "Конец Вечности".

каждой организацией и человечеством в целом становится возможным благодаря использованию нового подхода – Директед Эволюшен.

Появившаяся в результате работы теория, в крайне сжатом виде, описана в:

[Теория эволюции нелинейных систем – изложение в стиле реферата](#)

[Теория эволюции нелинейных систем – изложение в стиле патентной формулы](#)

[Прогнозирование и Директед Эволюшен](#)

Однако в этих, предельно сокращенных (справочных) описаниях нет очень важных деталей, пояснений, примеров, которые будут приведены ниже. Мы рекомендуем читать именно детальное описание, сверяясь при необходимости с этими справочными материалами.

Кредо⁶ авторов

В классических теориях эволюции (биологической, социальной) царит фатализм, идея о том, что «все идет, как идет и будет идти, как получится». И в течение всей предыдущей истории так оно и было. Мы глубоко убеждены в возможности человечества, вступившего в Информационную эру, управлять своей эволюцией, а значит, своей судьбой. И считаем своей главной задачей разработку методов для этого.

Эволюция человечества - результат цепной реакции развития технологий, начавшейся почти полмиллиона лет назад и постоянно ускоряющейся. Это явление природное, начавшееся независимо от чьего-либо желания и продолжающееся не потому, что кто-то этого хочет. Было множество попыток стабилизировать и замедлить развитие - многие правители хотели поддерживать статус-кво. Масса проклятий в адрес развития прозвучала из разных источников - от Экклезиаста до современных эко-экстремистов. Бороться с явлением такого масштаба как технологическое развитие цивилизации - все равно, что пытаться остановить локомотив, встав на его пути. Но если по-умному проникнуть в кабину этого локомотива и освоить рычаги управления, то можно его использовать, чтобы попасть туда, куда стоит попасть. Попыткам разобраться в управлении «локомотивом эволюции» и есть цель всей нашей работы.

Мы – разумные оптимисты и убеждены, что в человечество в процессе цивилизации движется к светлому и гуманному будущему, хотя сам процесс развития часто очень тяжел и болезнен. Наш оптимизм имеет твердые основания:

- Главное основание для оптимизма – активная позиция людей, направленная на улучшение жизни каждого и вместе с этим – всего человечества, по закону

⁶ Кредо (от лат. credo - верую) - в католической церкви символ веры, в обычном языке набор наиболее важных убеждений и взглядов человека, основа его отношения к тем или иным явлениям, например, политическое кредо, научное кредо и т.п.

рынка, открытому еще Адамом Смитом⁷. Успех приходит к тем, кто активно борется за него и разделяется многими.

- Постоянно растущая в истории гуманизация⁸ общества и отдельных людей⁹
- Способность отдельных людей и всего человечества в процессе эволюции приспосабливаться к практически любым изменениям и превращать их в ресурсы для позитивного развития. Эта способность, очень большая уже в результате биологической эволюции, постоянно возрастает в процессе социально-технологической эволюции людей. Она базируется на:
 - Постоянно растущей мощи производительных технологий
 - Постоянно растущей способности людей к нахождению новых и творческих решений – за счет достижений информационных технологий и методов решения творческих задач
 - Постоянно растущей способности людей к концентрации все больших сил, капиталов и других ресурсов на решении любых проблем – от мелких до самых крупномасштабных. Вместе с технологиями творчества это позволяет реализовать «игры с положительной суммой», то есть ситуации, при которых сложение усилий людей дает огромный сверхсуммарный дополнительный эффект, выигрыш для всех участников.
 - Развитию технологий раннего прогнозирования опасностей и их предотвращения и/или снижения возможных последствий
- Несомненно, некоторые технологии могут быть опасны сами по себе, но эта опасность – понятная и устранимая. Лекарством против плохих технологий является не отказ от эволюции, а более эффективные и безопасные технологии. В этом направлении и идет реальное развитие. Способность решить проблемы и уверенность в их решаемости – наилучшее лекарство против страха перед развитием.
- Теоретически могут быть опасны крупные природные катастрофы, типа падения астероидов или взрывов сверхвулканов. Но по статистике такие катастрофы – явление очень редкое, мала вероятность, что это случится в ближайшее время, а способность человечества защищаться от катастроф растет очень быстро. Через несколько десятков лет, надо думать, человечество не испугается никакого астероида.

⁷ "Невидимая рука рынка" - объективный рыночный механизм, который координирует решения покупателей и продавцов таким образом, что отдельная личность, стремясь к собственной выгоде, независимо от её воли и сознания, направляется к достижению выгоды и пользы для всего общества.

⁸ Это утверждение может многим показаться очень странным, но статистические исследования истории показали, что несмотря на локальные вспышки войн и убийств, количество насильственных смертей и мучительства в истории постоянно падало. (Исследования [А.П.Назаретяна](#)). 20 век, несмотря на две мировые войны и многочисленные факты геноцида разных народов, самый гуманный в истории и нет сомнений, что 21 будет еще намного гуманнее.

⁹ Когда мы переехали в Америку, нас более всего поразили не технические достижения, а удивительная для «советских людей» доброта и человечность в отношениях знакомых и незнакомых людей.

Благодарности

Мы хотим принести глубокие благодарности всем, кто сделал возможным появление этой работы и помог ее улучшить:

- Нашим отцам, привившим нам любовь к технике и науке и желание все на свете подвергать сомнению и улучшать
- Генриху Сауловичу Альтшуллеру – создателю ТРИЗ, нашему учителю и другу
- Волюславу Владимировичу Митрофанову, который стал для нас не только учителем, но и гуру
- Нашим друзьям и коллегам – специалистам по ТРИЗ - В. Петрову, А. Селюцкому, С. Литвину, Э. Злотиной, Н. Хоменко, З. Ройзену, В. Канеру, И. Холкину, Л. Певзнеру, Г. Иванову, В. Сибирякову, В. Ладоскину, В. Михайлову, И. Викентьеву, Б. Фарберу, М. Шустерману, С. Яковенко, А Кудрявцеву, Ю. Даниловскому, А. Гину и многим другим.
- Нашим коллегам по компаниям «Прогресс» в Молдове и «Ideation» в Америке вместе с которыми создавались методы Директед Эволюшен и проводились все практические проекты - В. Просянику, Л. Каплану, С. Вишнепольской, С. Малкину, В. Герасимову, Г. Зайниеву, П. Улану, К. Склобовскому, В. Прушинскому, Е. Субботину, Д. Злотину, В. Олейникову, Н. Шохиреву, К. Сакиркину, О. Малкиной, М. Баркану
- Zion Bar-El, без которого было бы невозможно создать в Америке основанную на ТРИЗ компанию и иметь возможность выполнить наши работы
- Нашим дорогим личным друзьям – психологу Раде Грановской и математику Юрию Волкову
- Нашим друзьям и коллегам из «западного» мира – Stan Kaplan, Dick Bouley, Karel Bolkmanns, Larry Smith, David Bonner, David Patrishkov, Randy Emery, Chuck Bucannan, Paul Seguin, Rick Soto, Shinsuke Kurosawa, Terry Kamimura, Hein Vastenhaw, Cal Halliburton, Ron Fulbright, Mike Sharer, Jim Bradley и др.

Нам хочется поблагодарить также многих людей, не знающих о нашем существовании, но оказавших огромное влияние на нашу работу:

- Михаила Горбачева, Рональда Рейгана и Маргарет Тэтчер, более всего способствовавших развалу монстра под названием СССР и тем давшим нам шанс сделать эту работу.
- Чарльза Дарвина и блестящую плеяду его продолжателей - эволюционистов, среди которых хотелось бы особо выделить Л.Берга, И.Шмальгаузена, А. Любищева, С.Мейена, а также Р.Доккинза (в негативной реакции которого на нашу работу мы абсолютно уверены).
- Элвина Тоффлера, автора книги «Третья волна», многие идеи которого повлияли на нашу работу, а также П. Друккера, К.Фостера, Т. Питерса и Р. Уотермана, а также других авторов, чьи работы по истории эволюции бизнесов и общества дали нам важнейший исходный материал и интересные идеи для нашей работы.
- Американских прогнозистов Джорджа Мартино, Эрика Янча, Джона Нэйсбита, Джея Форрестера, и других, чьи книги дали нашей работе первый толчок и помогли понять направления, в которых идти не нужно.

- Авторы книг по истории развития техники и отдельных ее отраслей, без которых было бы принципиально невозможно выявить те законы развития, на которых основана данная книга.
- Авторы научной фантастики, стремившихся описывать будущее и часто делавших это куда лучше, чем профессиональные прогнозисты.
- Виктора Суворова – советского разведчика, отказавшегося от карьеры шпиона, чтобы стать мудрым историком и блестящим писателем. Мы учились у него технике исторического анализа.
- Гениальных русских поэтов Игоря Губермана (автора множества коротких четверостиший - гариков, каждое из которых - афоризм, отражающий и обобщающий ту или иную сторону жизни, истории, социальной эволюции) и Тимура Шаова (автора текстов и музыки и блестящего исполнителя своих песен). Мы восхищаемся их фантастической способностью выявлять и формулировать закономерности жизни и облекать их в безукоризненное поэтическое воплощение. Мы учились у них работе с закономерностями, а когда нам было трудно или грустно – можно было почитать «Гарики» или включить диск Шаова и просто расслабиться и получить удовольствие.
- Мы также очень благодарны тем, кто создал наши компьютеры и программные продукты (как мы порой их проклинали!). Особая благодарность фирме Олимпус за диктофон, на котором было записано более 50 тысяч заметок, из которых и сформировалась эта книга.

В нашей работе новые идеи нередко приходили и при чтении совершенно отвратительных материалов - от книг мировых злодеев типа «Молота Ведьм», «Майн Кампф» Гитлера, сочинений Кадафи, Ленина и Сталина, и т.п. до мелких и порой глупых книжонок современных русских фашистов типа Шафаревича и Кара-Мурзы. Благодарить этих авторов нам как-то не хочется...

Авторы понимают огромность взятой на себя задачи и надеются, что читатели отнесутся с пониманием к неизбежным недостаткам этой первой попытки. Мы оправдываем себя словами Бокаччо – «лучше делать и каяться, чем не делать и не каяться».

Глава 1 Рабочие инструменты

В этой главе мы кратко рассказываем об инструментах, которые переменялись для описанной в последующих главах работы по построению общей теории эволюции нелинейных систем и ее приложению к развитию многих конкретных систем.

Мы считаем, что сама эта глава нужна не только для объяснения дальнейшего материала, но также может быть полезна многим людям, ведущим свои исследования в ТРИЗ или других областях.

Работа над общей теорией эволюции велась авторами более 30 лет, и значительная ее часть была посвящена разработке и улучшению применяемых инструментов¹⁰. Постоянно "работала" положительная обратная связь – улучшение инструментов позволяло сделать шаг вперед в теории, а развитие теории подталкивало совершенствование инструментов.

При выполнении работы использовались 3 типа инструментов:

1. Общие инструменты научной работы, созданные всем опытом человечества – это база любого исследования. Эти инструменты привычны и любимы авторами – оба автора в первую очередь исследователи.
2. Инструменты ТРИЗ, разработанные Альтшуллером и его последователями за более чем 50 лет.
3. Специальный набор инструментов, созданный для данной работы авторами, большей частью путем модификации и комбинации (гибридизации) общенаучных методов и инструментов ТРИЗ. Главная цель этого набора инструментов – формирование понимания наиболее общих механизмов эволюционного развития.

В данной главе мы не будем описывать общеизвестные научные инструменты, а коснемся только инструментов 2 и 3.

Системный подход и Системное понимание

Описание или понимание – вот в чем вопрос

Изречение Ньютона «Гипотез не измышляю¹¹», высказанное по конкретному поводу в начале 18 века, было, конечно, не случайным. В период зарождения современной науки приходилось бороться с тяжелым наследием схоластики, попытками в стиле древних греков придумывать красивые теории «из головы». И главным казалось находить хорошие формулы, связывающие измеренные величины. Долгое время такой подход прекрасно "работал". Блестящие достижения "описательного подхода" – термодинамика и уравнения Максвелла, появившиеся в середине 19 века. Но во

¹⁰ Б. Злотин окончил когда-то техническое училище по специальности "слесарь-инструментальщик" и через всю жизнь пронес унаследованное от прекрасных учителей глубокое уважение и любовь к любым инструментам

¹¹ При подготовке 2 издания «начал (1710 – 1713 годы) Ньютон добавил в конце 2 тома «Поучение» в котором на естественный вопрос «а как на самом деле?» следует знаменитый и честный ответ: «Причину... свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю».

второй половине 19 века такая возможность уже была близка к исчерпанию; мир, открываемый наукой, оказался слишком сложен и изменчив для того, чтобы его можно было описать в виде систем уравнений или иерархических классификаций в стиле Линнея. В науке начали появляться некоторые простые модели, облегчающие понимание, как например структурные схемы Бутлерова в химии, теория биологической эволюции Дарвина, экономические модели Бастиа и Маркса и т.п. (не следует только забывать, что сама по себе наглядность и простота модели не гарантирует ее правильности).

А ньютоновское «Гипотез не измышляю» вылилось во второй половине 19 века в позитивизм (эмпиризм, эмпириокритицизм)¹² Маха, Оствальда, Авенариуса и многих других ученых. Основу учения Маха, например, составлял принцип экономии мышления и идеал чисто описательной науки. С его точки зрения в науке объяснительная часть является излишней, паразитической и в целях экономии мышления должна быть удалена. Одним из паразитических элементов науки Мах считал понятие причинности, которое он предлагал отбросить и заменить его понятием функциональной зависимости разных признаков явлений¹³. Мах отрицал реальность атомов и объявлял их лишь удобным средством систематизации опытных данных. Махизм, по своей сути, есть попытка отказа от "человеческого понимания" и замены его головоломной математикой. Причина этого - опасение того, что "понимание" приносит в науку "мистику" и "субъективизм", нарушая идеалы "чистой науки", сложившиеся еще во времена древних греков и сводящиеся к тому, что чистая наука – это "благородно", а практическое применение "низко".

Под видом "прорыва к новому" Мах и его последователи стали защитниками «прекрасного научного прошлого», пытались любой ценой сохранить неизменными «белые одежды» чистой науки, которые уже трещали по швам. К сожалению, этот подход продолжает действовать в науке (хотя бы ее некоторых областях) и сегодня. Станным образом "логический ум" очень привлекает возможность "обойтись без человека". Часто причина этого – страх "больших ученых" оказаться несостоятельными, как только они спустятся со своих "башен из слоновой кости".

Именно из-за идеологии эмпиризма гениальный математик Анри Пуанкаре, создавший математическую основу для теории относительности, не стал ее автором. Он предпочитал не фантазировать и не строить модели для понимания, а писать уравнения и вычислять.

¹² Позитивизм (от лат. positivus — положительный) - учение в методологии науки, определяющее единственным источником истинного, действительного знания эмпирические исследования и отрицающее познавательную ценность философского исследования. А вместе с философией они выбрасывали и такие вещи как попытки понимания явлений, считая единственным методом "делания науки" математическую обработку эмпирических результатов.

¹³ Сегодня созданы компьютерные программы, способные сравнивать огромное количество данных, находить между ними корреляции и описывать эти корреляции в виде формул и функциональных зависимостей. Эти программы и реализуют идеал позитивистской науки – ученый как не слишком сложная компьютерная программа...

А вот двоечник Эйнштейн¹⁴ старался понимать и строить простые модели. В его серии гениальных публикаций в журнале "Анналы физики" в 1905 году с помощью "моделей понимания" и предельно простой математики были заложены основы современной физики, в том числе:

- Специальная теория относительности
- Связь между массой и энергией
- Квантовая теория фотоэффекта
- Теория броуновского движения

Эйнштейн и позже Нильс Бор стали центром развития физики, основанной на понимании. Им и группе окружавших их блестящих молодых ученых мы обязаны великим прорывом в физике двадцатых годов. Но прорыв этот длился не слишком долго. Возможности понимания на этом уровне познания были исчерпаны, инструментов, способных обеспечить понимание, не было создано и толпы ученых вернулись к привычной деятельности по писанию уравнений и извлечению из них многомерных струн и многоцветных кварков.

Интересно, что сам Эйнштейн во второй половине 20 годов как будто "перебежал в другой лагерь" – стал заниматься в основном уравнениями, пытаясь извлечь из них Общую Теорию Поля - и ничего существенного не сделал за всю оставшуюся жизнь.

Коллизия "формулы или понимание" очень сильно проявилась в русской науке, в деятельности гениального ученого Льва Давидовича Ландау. Он блестяще знал и понимал математику и физику, обладал способностью строить достаточно простые и адекватные математические модели. Слова Жуковского «Не тот настоящий механик, кто умеет составлять уравнения движения, а тот, кто составляет их так, что они интегрируются», безусловно, подходят к Ландау. Его личный вклад в развитие физики огромен и не случайно оценен Нобелевской премией.

А вот для развития физики в стране деятельность Ландау оказалась порцией медленнодействующего (до сих пор) яда! Вокруг Ландау возникла мощная научная школа. Научить других ученых понимать физические процессы, и на базе этого понимания строить их модели он не мог, он и сам не знал, как это у него получается, все происходило на глубоком интуитивном уровне. А вот научить математике можно хоть зайца – если долго его бить. В результате родился великолепный теорминимум и набор блестящих книг курса Ландау и Лифшица¹⁵. Отбирая людей по сдаче ими этого теорминимума, Ландау создал школу математиков - псевдофизиков, не умеющих строить модели, без которых их блестящие знания математики были просто бесполезны. Из них получились научные сотрудники Академии да заведующие кафедрами, а вот открытий, достойных их Учителя не появилось. Ибо Ландау фактически вернул физику (в СССР в основном) к временам того же Маха и

¹⁴ Плохо учился в гимназии, провалился в Политехникум при первом поступлении, из 4 студентов, окончивших курс по теоретической физике, был единственным не оставленным для дальнейшего обучения, долго не мог найти работу даже домашним учителем...

¹⁵ Один из авторов (Б. Злотин) прочитал один из томов этого теорминимума - «Электродинамику сплошных сред». Точнее – не дочитал... Ибо где-то на середине понял ее абсолютную бесполезность для работы исследователя электромагнитных полей и тепловых режимов электрических генераторов.

Пуанкаре, к подмене содержательных моделей заумной математикой. И наследники "школы Ландау" продолжают свою плодотворную деятельность сегодня.

"Прорывы понимания" происходили в науке и позже, например, в 1949 году Ричард Фейнман создал метод "диаграмм Фейнмана" в квантовой теории поля (за что потом получил Нобелевскую премию). Метод этот прост и нагляден, для ТРИЗовца выглядит как сочетание метода маленьких человечков и схемок, очень похожих на веполы и не намного их сложнее. Все конкретные квантовые процессы – столкновения, поглощения, излучения и т.п. строятся в виде маленьких стандартных схемок, из которых как из деталей детского конструктора строятся сложные процессы. Сразу видно, что куда входит, что выходит, как меняется и т.п. Простое и наглядное представление сложных процессов заменяет абстрактное и очень сложное математическое описание. Ничего не забудешь и ничего не пропустишь и, как результат, масса открытий, сделанных с этими простыми игрушками! Любой студент без особого труда может научиться строить такие модели. Это не "томов гробовых камень веский" – теорминимум Ландау!

Авторы не настолько глупы, чтобы призывать к отказу от математики и формальных методов в пользу непонятно как формируемого "понимания". Заглавие этой главы – небольшая провокация, на самом деле дилеммы "описание или понимание" не существует. Мы говорим о двух обязательных составляющих не только науки, но и любой человеческой деятельности.

- Глубокого и детализированного формального описания феноменов, включая разного рода классификации, структурирование информации, выявление корреляций, построение и решение уравнений и т.п. Нередко такой подход давал очень полезные результаты и без формирования понимания того, как это в реальности происходит. В истории науки были периоды, когда этот подход оказывался ведущим и даже считался единственно верным. Но этот подход часто приводит к остановкам и застоям в развитии науки.
- Понимание рассматриваемых феноменов путем формирования гипотез, теорий, моделей и т.п.

Через всю историю науки проходит постоянная борьба этих двух тенденций – жесткого методологизма, ригоризма¹⁶ и развития понимания на базе фантазии, изобретения простых моделей, использования аналогий и т.п. И столь же неизменно плодотворное сотрудничество этих подходов.

Сбор и структуризация информации, выявление корреляций и закономерностей (графиков) разных зависимостей – первый этап научной работы. Второй этап – поиск понимания механизмов, "ответственных" за эти корреляции. Возникшее понимание позволяет снова вернуться к математике, обеспечить формальное описание моделей в виде матриц, уравнений, неравенств, формул и т.п. и провести

¹⁶ Ригоризм (фр. *rigorisme* от лат. *rigor* — твердость, строгость) — строгость проведения какого-либо принципа (нормы) в поведении и мысли. Ригоризм исключает компромиссы и не учитывает другие принципы, отличные от исходного.

их математический анализ, выявить неочевидные, неявные особенности этих моделей и в результате улучшить и развить понимание...

Но если техника описаний сегодня блестяще развита, то вторая часть – методы формирования понимания – находится до сих пор на зачаточном уровне. Ниже мы рассмотрим некоторые подходы к формированию понимания и инструменты для этого.

Всемогущий системный подход

Работу по построению общей теории эволюции мы, естественно, начали со сбора информации. И очень скоро полностью запутались в собранных материалах.

Для нас не было сомнений, что наиболее общим и эффективным путем ознакомления с любой системой является системный подход, в особенности его практическое приложение - 9 экранная схема Г.С. Альтшуллера. Их применение улучшило положение, но через некоторое время мы опять попали в ситуацию потери понимания того, что же мы собрали, и как все это связано. Системный подход нам почти не помог, что само по себе было очень интересным и требовало исследования.

Любопытно, что этот вывод об ограниченной "мощности" системного подхода был подкреплен и нашей практической работой как ТРИЗ-консультантов. Оказалось, что 9 экранная схема и другие схемы системного подхода, прекрасно работавшие при решении относительно несложных и локальных изобретательских задач, становились все менее эффективными при переходе к решению действительно сложных реальных задач, в особенности при проведении работ по ДЕ (Директед Эволюшен).

Интуитивно мы пришли к выводу, что нам нужны не столько знания, сколько понимание систем, с которыми работаем – и это открыло новый перспективный путь исследования, хотя теоретически все это было осознанно намного позже, уже при подготовке данной книги.

История системного подхода

По-видимому, датой рождения системного подхода следует считать появление идеи «целое больше, чем сумма его частей» в 3 веке до нашей эры в книге Аристотеля «Метафизика». Другой предтеча системности – Раймундо Лулий (13 век), придумавший идею доказательства бытия божьего с помощью изучения систематизированного набора возможных альтернатив (вариантов). По сути дела, Лулий изобрел морфологический анализ, вторично изобретенный в 20 веке Фрицем Цвикки. Некоторые важные элементы системного подхода можно найти в трудах Николая Кузанского (15 век). Вообще, Средневековье было "царством системного подхода", основанного на религиозных идеях.

Картины Босха - яркий пример средневекового системного мышления. За нехитрыми, на первый взгляд, сюжетами скрываются религиозные или космогонические концепции, представления о таинственных связях, тщательно зашифрованные и доступные только посвященным.

Вот, казалось бы, обыкновенная жанровая сценка. Выходит из таверны путник, позади него обычная крестьянская жизнь: на дворе животные - корова, свинья, петух... Но по народным представлениям это не просто животные, а символы нечестивости, человеческих пороков, а в астрологической символике эта картина превращается уже в аллегория планеты Сатурн, самой несчастливой по тогдашним представлениям планеты, известной своим дурным влиянием на судьбу человека.

Вся эта фантастическая система мышления рухнула вместе с крушением идеи о божественной природе всего происходящего. Распались мистические связи, на смену астрологии пришли настоящие науки, пришли - и разошлись в разных направлениях. И ученые стали часто уподобляться слепцам, которым согласно старинной легенде однажды довелось «познакомиться» со слонем. Один ощупал хобот и потом рассказывал, что слон - это свисающая сверху змея. Другой, которому досталась нога, утверждал, что слон - это толстая колонна. А тот, кого подвели к слоновьему боку, доказывал, что слон похож на каменную стену

В Новое время к идеям системности (помня Средневековье) относились весьма подозрительно. Существенный вклад в возрождения системных идей внес Лейбниц (конец 17 – начало 18 века). Очень важный вклад в развитие системности внесли также создатели различных классификаций, например Карл Линней, в середине 18 века создавший единую иерархическую систему классификации растительного и животного мира, обобщившей и упорядочившей биологические знания своей эпохи. Очень важным был также вклад создателей различных эволюционных теорий, включая Канта (космологическая эволюция), Лайеля (геологическая эволюция), Дарвина (биологическая эволюция), Конта, Бастиа и Маркса (социальная эволюция) и т.п.

Глубоко разработанный системный подход был описан и использован в блестящем исследовании Александра Богданова "Тектология: Всеобщая организационная наука", но книга эта в момент ее издания (перед 1 мировой войной в Германии) к сожалению, не привлекла внимания научной общественности (попросту – наука до нее тогда еще не доросла).

К середине 20 века, благодаря развитию западной цивилизации, было накоплено огромное количество важной для людей информации; в разных областях науки и техники было разработано множество разных техник, процедур, подходов, алгоритмов, методов работы с информацией и т.п. Это обилие информации привело к первому "информационному взрыву" - ученые, занимающиеся разными науками, переставали понимать друг друга, найти нужную информацию становилось все труднее. Это породило потребность в каких-то методах упорядочивания информации и методов ее обработки.

В конце 20 годов появились непосредственные предшественники системного подхода - идеи холистического¹⁷ метода, подразумевающего исследование систем как некоторых целостных образований. А в сороковых годах началось бурное развитие методов математического исследования операций. Системный подход в своем классическом виде (под названием «Общая теория систем») был создан Людвигом фон Берталанфи в тридцатых годах, но стал широко известен только в пятидесятых.

¹⁷ Холизм (от др.-греч. целый, цельный).

Системный подход Берталанфи обеспечивал стандартизацию процедур и повторяемость их результатов. То есть он сыграл в науке роль некоторого "единого научного языка" или системы стандартов, во многом близкой к системе стандартов на системы измерения¹⁸, а также к появившимся уже в наше время протоколам хранения и передачи данных, используемым в компьютерах и информационных сетях. Особенно сильным системный подход стал, наладив "тесное сотрудничество" с другой, только возникавшей наукой – кибернетикой.

Наличие четких определений и систематизация описаний систем и процессов в системном подходе позволяли избежать типичных ошибок пропускания нужной информации или шагов исследования, а также и излишней концентрации на одних объектах, процессах или параметрах в ущерб другим.

В середине 20 века возникли большие системы, включающие много элементов, но в принципе достаточно простые и в основном линейные, преимущественно иерархические, типа телефонных сетей, систем релейной защиты, управления технологическими процессами и т.п. Системный подход позволил обеспечить их унифицированное описание. Ключевым моментом в становлении системного подхода стало развитие формальных методов анализа сложных, многокомпонентных систем, связанное с применением булевой алгебры (алгебры логики), позволившее автоматизировать анализ релейных схем¹⁹. Особенно важным это оказалось для создания первых компьютеров.

Во второй половине 20 века человечество оказалось перед угрозой нового информационного взрыва, вызванного быстрым развитием исследовательских приборов и технологий и ростом числа исследователей, при отставании развития методов переработки и свертывания информации. Сам рост исследований был связан с развитием государственной поддержки науки (в основном связанной с военными программами) и осознанием крупными компаниями того факта, что развитие прикладной науки может дать огромные преимущества в бизнесе, возможность обхода конкурентов, "раскручивания" рынков и т.п.

В эти годы появился ряд практических специализированных методов применения системного подхода, в том числе:

- Функциональный подход – инструмент системного анализа для изучения объекта через призму выполняемых функций и отношений между ними был предложен Лоренсом Майлсом (Lawrence Miles) в середине пятидесятих годов.
- FAST (Functional Analysis Systems Technique) – простой способ визуализации, классификации и анализа функций, выполняемых системой, был предложен Чарлзом Байтвэем (Charles Bytheway) в середине шестидесятих годов.
- Диаграммы «рыбья кость» (fishbone diagrams), предложенные примерно тогда же Каору Исикава (Kaoru Ishikawa), которые по сути дела аналогичны

¹⁸ Наподобие системы Си, описывающей единицы и методы измерения и обработки измерений.

¹⁹ Авторы еще помнят "великих схемщиков", анализировавших с карандашом в руках релейные схемы на огромных листах бумаги. Очень тяжелая работа, требующая напряженного внимания. И почти всегда при реализации выяснялось, что что-то упущено, какие-то реле или части схемы работают неверно...

функциональным диаграммам Байтвэя, но применяются не для положительных, а для нежелательных и вредных функций и рисуются несколько иначе.

- Метод ПЕРТ – Program (или Project) Evaluation and Review Technique, разработанный в конце пятидесятих годов консалтинговой фирмой «Буз, Аллен и Гамильтон» для ВМС США — техника оценки и анализа разных работ, которая используется при управлении проектами.
- Метод ПАТТЕРН — (Planning Assistance Through Technical Evaluation Relevance Numbers) - техника планирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в условиях неопределенности, разработанная в начале 60 годов корпорацией РЭНД (RAND). ПАТТЕРН включает выделение функциональных подсистем, анализ их функционирования и принятие решений с помощью компьютерных программ.
- Поддерживаемые специальными программными продуктами методы построения различных диаграмм, например, диаграмм "сущность-связь", диаграмм потоков энергии и потоков данных и т.п., разработанные в рамках структурного анализа и проектирования.

Подход Бастиа – Хэзлитта

Самым сильным развитием системного подхода в 20 столетии стал подход Бастиа²⁰ – Хэзлитта²¹ Подход этот описан и очень успешно применен Генри Хэзлитом, и поскольку Хэзлитт всегда ссылается на французского экономиста Фредерика Бастиа, получил такое название. Его суть - рассмотрение воздействий любых изменений в рассматриваемой системе (экономических мероприятий, принятия новых законов, изменения финансовой и экономической ситуации, новых открытий, изобретений и технологий и т.п.) на удаленные системы, вне обычно "видимой" зоны". Не менее важно рассматривать и неочевидные и отдаленные причины, учитывая, что в сложных системах близкие (предвидимые, а часто и желаемые) результаты изменений могут порождать совершенно им противоположные, непредвидимые и нежелательные результаты.

Пример. Закон о вэлфере (системе социальных пособий беднейшим категориям граждан) при его принятии в шестидесятых годах рассматривался только с точки зрения "первичного круга" – тех, на

²⁰ [Фредерик Бастиа](#) (Frederic Bastiat) французский экономист, немного раньше Маркса построивший свою теорию капитализма и пришедший к совершенно противоположным выводам. Он убедительно показал, что свобода предпринимательства — решающее условие установления социальной гармонии в обществе, что возможно и необходимо в mutually beneficial сосуществовании труда и капитала. Для Бастиа несомненно, что любые явления в экономике следует оценивать с точки зрения потребителя и что капитал всегда работает на интересы людей, которые им не владеют - то есть, на интересы потребителей. Все выводы, сделанные Бастиа еще в середине 19 века, прекрасно подтверждаются сегодняшним развитием экономики (которое полностью опровергло Маркса). Фредерик Бастиа рано умер от туберкулеза, может быть, поэтому социально разрушительная теория Маркса не встретила в свое время достойного оппонента.

²¹ [Генри Хэзлитт](#) (Henry Stuart Hazlitt) - журналист, литературный критик, философ и блестящий, очень влиятельный экономист, бескомпромиссно выступавший против попыток Рузвельта строить в Америке социализм под названием "Новый курс". Почти ежедневные передовицы Хэзлита в New York Times охватывали широкий круг проблем: пагубные последствия государственного вмешательства в экономику и регулирования цен, заблуждения кейнсианства, важность свободного фондового рынка, глупость социализма и искусственной инфляции, позже – бессмысленность Бреттон-Вудской системы.

кого он непосредственно подействует. Но не рассматривалось его влияние на тех, кто с ним не связан или связан косвенно – родственников получателей помощи, их детей, их внуков, других работающих, тех, с кого берут налоги, из которых формируется эта помощь, и все общество в целом. А если бы в рассмотрение были включены все факторы, вэлфер не привел бы к тому, что большинство черных детей сегодня растут без отцов и другим последствиям социального паразитизма.

Пример. Выстрелили ракету – потратили ни на что миллион! Ужас, лучше бы дали этот миллион мне... А откуда взялась эта цена? Ведь всего-то в той ракете порядка тонны железа, кремния, других металлов – гроши по рыночным ценам. А еще в ней плата за труд металлургов, машиностроителей, химиков, электронщиков, инженеров и исследователей... Они получили свои зарплаты и потратили их на пищу, развлечения, образование, медицину... Деньги разошлись в обществе и обеспечили какой-то позитивный сдвиг в развитии этого общества. И это – совсем неплохо потраченный миллион, независимо от того, куда полетела и куда попала эта ракета.

Пример. Даже грамотные инженеры и ученые много и всерьез говорили о "чистоте" водородного автомобиля. А вот о том, что при производстве водорода, нужного для этого автомобиля, будет произведено примерно в 7 раз больше углекислого газа, чем произведет обычный двигатель внутреннего сгорания, эти знатоки как-то не задумывались...

Пример. Во время эпидемии гриппа "испанка" в двадцатых годах были отмечены странные факты:

- Огромная смертность в деревнях и у деревенских людей, недавно прибывших в города, при относительно небольшой смертности "потомственных горожан"

- Большая смертность молодежи и куда меньшая среди тех, кому за 40

Современные исследования эти факты объяснили как результат иммунизации людей старшего поколения и горожан предыдущими малыми и не столь опасными эпидемиями, которые широко распространялись в городах из-за большой скученности населения, но не доходили до деревенских.

Очень часто требования подхода Бастиа – Хэзлитта кажутся совершенно невыполнимыми – на какую глубину надо просматривать последствия тех или иных изменений? Сколько на это потребуется времени? Как можно быть уверенным в адекватности результатов? Особенно, если результаты получились такие, что в них очень не хочется верить...

Хэзлитт не дает на эти вопросы теоретического ответа, но прекрасно решает их практически, используя тот же подход, который использовал Бастиа в своих трудах. То есть, приводя реальные примеры и придуманные для объяснения притчи, наглядно показывающие причинно-следственные связи и механизмы появления желательных или нежелательных эффектов. Блестящая книга Хэзлитта "Экономическая теория в одном уроке", изданная в 1946 году и сегодня абсолютно не устаревшая, построена на наборе примеров. И это вообще характерно для книг, чья цель – создавать понимание процессов и/или проблем.

Подход Бастиа – Хэзлитта абсолютно логичен и, к сожалению, столь же анти-интуитивен! Анти-интуитивен потому, что в нашей голове на базе древнего опыта жизни работает только механизм "ближних" или "коротких" причинно-следственных связей. Одна из важнейших целей обучения людей системному подходу – обучение "видению" дальних, многоступенчатых, сетевых и т.п. причинно-следственных связей.

Основные проблемы системного подхода

Однако, наряду с несомненными плюсами системного подхода, со временем все более заметными становились и проблемы, связанные с ним. Наиболее существенный объективный недостаток классического системного подхода - он не содержит практически ничего, кроме упомянутой выше идеи Аристотеля «целое больше, чем сумма его частей». Людвиг фон Берталанфи практически только "обнаучивает" Аристотеля, когда определяет основной принцип системного подхода «Свойства и способы функционирования более высоких уровней не могут быть объяснены суммированием свойств и способов функционирования их компонентов, взятых в изоляции друг от друга».

По собственным словам Берталанфи, «системный подход тривиален в принципе, но связан с бесчисленными проблемами при практическом применении». Рассмотрим некоторые из этих проблем.

Субъективизм системного подхода – что есть система?

Как ни странно, но в претендующем на объективность системном подходе очень сильна субъективная составляющая в главном – выборе и описании системы. Большинство реальных систем, с которыми мы имеем дело в биологии, социологии, экономике и т.п. – нечеткие, имеющие сетевую, а не иерархическую структуру, нелинейные, меняющиеся во времени, сложным образом взаимодействующие с окружением и т.п. Наши знания о таких системах всегда принципиально не полны. Любое формальное описание таких систем есть их упрощение и всегда необходимо оценить, насколько такое упрощение допустимо. Сложные системы настолько многообразны, что из них можно "выкроить" все, что хочешь. И люди кроют, кто как может, очень часто даже не задавая себе вопросов - чем мы пренебрегли, упрощая систему, что мы потеряли и что приобрели, как это может подействовать и т.п. Человек сознательно или подсознательно строит свою модель системы, упрощая реальную самым разным и неочевидным для других способом, отсекая, то, что не видит или не хочет видеть.

Начиная наши работы по системному подходу, мы собрали несколько десятков определений, что такое система из разных книг и статей. От вполне банальных до совершенно нелепых, от охватывающих все что угодно (что делает само понятие системы ненужным) и до настолько узких, что в них "влезала" только одна система, рассматриваемая автором. Фактически, это - полный субъективизм; но, что очень забавно, авторы объявляют свой вариант "абсолютно объективным".

Мы же, ориентируясь на практическое применение системного подхода, признали для себя его субъективную природу, и приняли кажущуюся несерьезной рабочую формулировку: "Система есть то, что мы называем системой в рамках данного проекта или публикации". Для практической работы это оказалось очень удобным и вполне достаточным. Например, обломки самолета, разбросанные по тундре для чукчи, едущего на оленях – не система. А для аварийной комиссии, расследующей причины аварии – система, и при том главная в этой тундре.

Что входит в систему?

Следующий важный вопрос: какие подсистемы, детали функции, параметры и т.п. стоит включать в детальное рассмотрение системы, а чем можно более или менее безопасно пренебречь? И опять дело решила практика.

В конце восьмидесятых годов мы проводили один из самых первых циклов Директед Эволюшен²² по развитию подъемных кранов. Мы отказались работать с огромными "простынями" чертежей, и предложили специалисту сделать на доске рисунок подъемного крана, такой чтобы он мог нам подробно объяснить работу крана и связанные с ним проблемы. По мере объяснения он что-то добавлял к рисунку, что-то менял. Все, что он описал в этих рисунках и объяснениях, мы и рассматривали потом в проекте. Оказалось, что почти не было ошибок; потом, в процессе выполнения проекта, мы добавили, может быть, пару небольших деталей, упущенных вначале.

Позже мы ввели этот подход в систему консультаций – просим специалистов рассказать о системе, изобразив все, что они считают нужным, на доске. И всегда это оказывается именно то, что нам нужно для работы. Люди инстинктивно описывают именно то, что нужно для объяснения – то есть формирования у другого человека понимания рассматриваемой системы. Конечно, в процессе работы эти описания и картинки приходится как-то дополнять.

Какую информацию нужно собирать?

Борис Злотин "встретился с ТРИЗ" весной 1974 года, а через 3 года стал первым профессиональным ТРИЗ-решателем, руководителем только что созданной службы Функционально – Стоимостиного Анализа (ФСА) объединения "Электросила. За 3 года активного использования ТРИЗ он успел решить немало задач и нисколько не сомневался, что будет успешен на новом месте.

Однако профессиональная работа оказалась совершенно иной, чем решение "своих" задач. Приходилось работать в областях, о которых Злотин раньше ничего или почти ничего не знал, причем в условиях очень ограниченных сроков и часто недостатка информации и/или трудности ее получения. Главной проблемой стал не поиск решений, а именно сбор, структуризация и понимание собранной информации – а в ТРИЗ для этого почти не было средств (кроме короткой первой части АРИЗ-77, от которой Г.С. Альтшуллер впоследствии отказался). Пришлось наряду с ТРИЗ применять инструменты ФСА, такие, как функциональный проход и диаграммы FAST. Это оказалось полезным, но совершенно недостаточным.

Проведение самого первого "профессионального" проекта по устранению одного из видов брака заняло 6 недель, причем 99% времени было потрачено на работу с информацией. Вся проводимая работа тщательно документировалась. После окончания проекта были подведены итоги и оказалось, что за это время было задано специалистам более 1000 разных вопросов, из которых дали что-то полезное для проекта не более двух десятков. Эти вопросы были выписаны и в следующем проекте задавались в первую очередь. Кое-какие "срабатывали", другие нет, но

²² Самого этого названия тогда еще не было, проект назывался "ТРИЗ прогноз"

выявились новые полезные вопросы. Одновременно был предпринят поиск в книгах, статьях, беседах с разными людьми и т.п. методов задавания "хороших вопросов".

Как ни странно, наиболее полезным оказался изданный в тридцатых годах учебник для следователей НКВД с инструкциями по проведению допросов, который под большим секретом показал Борису один из друзей. В этой книге ничего не было про "методы спец. воздействия" (пытки), которые, как мы знаем, активно применялись следователями в тот период, но в ней были очень полезные рекомендации по сбору информации:

- Как задавать людям наиболее важные вопросы
- Как перепроверять информацию, используя "проверочные вопросы", подходя к проблеме с разных сторон, применяя разные выражения
- Как следить за ответами и оценивать психологическое состояние и искренность отвечающих
- На что обращать внимание при осмотре "места происшествия" (для нас - при ознакомлении с системой, ее производством, эксплуатацией)
- Списки типовых вопросов и т.п.

Вся работа следователя нацеливалась на параллельное формирование понимания самого человека и его действий. В приложении к нашей работе – на понимание статики и динамики системы, ее устройства, ресурсов, функционирования, возможностей развития и т.п.

По мере накопления все новых "эффективных вопросов" и опыта их использования появилась общая структура инновационного вопросника и некоторые правила его использования. Оказалось что эта структура ("системное яйцо") – расширение типовых структур системного подхода, в чем-то – продолжение развития 9-экранной таблицы Альтшуллера.



Как задавать вопросы

Одной из самых странных особенностей процесса сбора информации для решения творческих задач оказался состав "реально работающей" полезной информации. Оказалось, что практически бесполезны и даже мешают работе большинство точных данных, таблиц, характеристик, профессиональная терминология, технологические карты, тщательно выполненные чертежи, содержимое толстых папок, накопленное конструкторами или технологами за годы работы...

Зато оказались очень полезными наброски от руки на листках бумаги или доске, ответы на вопросы и разъяснения, зачастую на весьма примитивном, доступном не специалисту, даже полу-детском уровне²³. Полезнее всего оказалось не рассматривать чертежи, а пойти на производство, взять в руки готовые детали, поговорить с рабочими и/или теми, кто эти системы использует²⁴.

Выявилась низкая эффективность работы со "звериной серьезностью", и наоборот, полезность процесса, время от времени перемежаемого шуточками или анекдотами, свободными дискуссиями, отвлечением от темы и т.п.

Очень важной при таком процесс является роль ведущего. Именно он должен создать творческую атмосферу, задавать вопросы согласно списку, перепроверять ответы, задавая те же вопросы, но другими словами, в другой связи. Он должен наблюдать за поведением людей, их моторикой, выражениями, поощрять откровенность, способствовать возбуждению дискуссий и споров между членами группы, в которых всегда всплывают новые факты и точки зрения. Для успешной работы ведущему нужен подготовленный помощник, который документирует все происходящее.

После выполнения ряда проектов стало понятно, что роль сессий со специалистами не сводится к накоплению информации, важнее происходящий одновременно ее начальный анализ, формирование и углубление понимания системы. Опытный ведущий, владеющий ТРИЗ, успевает проводить, не слишком углубляясь в детали, быстрые "прикидки" по законам развития. Вот, система в этом месте в такой-то момент меняется – как это связано с законом повышения динамичности, какой может быть следующий шаг? Данная система взаимодействует с другой – как они согласованы, нельзя ли сделать следующий шаг по закону согласования – рассогласования? Вот один член группы сказал это, а другой с этим не согласен. Налицо противоречие, как можно его разрешить? В пространстве, во времени? Как изменить систему, чтобы противоречие не возникало?

По мере углубления понимания системы происходит конкретизация вопросов из типового списка, возникают дополнительные специальные вопросы, которых нет в типовых списках, выявляются важные детали и подробности и т.п.

²³ Позже, ведя занятия в Городской Школе ТРИЗ в г. Кишиневе, мы ввели правило – после первого месяца обучения слушатели должны были выбрать тему будущей дипломной изобретательской работы. И после этого они должны были обязательно рассказать свою проблему 12 – 14 летнему мальчику или девочке и добиться, чтобы они поняли. Оказалось, что процентов 10 – 15 задач при этом просто решалось. А у других задач сильно изменялись условия. Типичная фраза наших слушателей: "Пока я объяснял моему сыну (внуку, племяннику, сыну друга и т.п.), я сам, наконец, понял, в чем там проблема!"

²⁴ Был проведен опыт: 3 группы одинаково подготовленных и в принципе равных специалистов независимо решали одну и ту же проблему. Первая группа работала с чертежами, вторая – с набором фотографий, показывающих процесс производства, а третья – непосредственно с объектом, причем имела в своем распоряжении инструменты и разбирала этот объект. Оказалось, что результаты второй группы были лучше, чем у первой, а у третьей – намного лучше, чем у второй.

Конечным результатом этой работы становится формирование понимания того, что с системой происходит, как возникают те или иные проблемы, какие причинно-следственные связи или механизмы "работают". И это понимание мало нуждается в формальном обрамлении, многочисленных данных и таблицах, уточнении мелких деталей и т.п. С появлением понимания системы и проблемы уже можно начинать решать проблемы²⁵.

Критерии оценки информации

Еще одним неприятным сюрпризом классического системного подхода оказалось то, что в нем нет очень важных для практики критериев оценки собираемой информации, а именно:

- Критерия полноты (достаточности) собранной информации – когда можно или нужно прекратить изучение системы. До какого уровня подсистем доходить, как подробно и детально выявлять параметры, связи, какой информации не хватает и т.п. Если изучение ведется для "чистой науки" – это может быть не слишком важно, а для практических целей имеет огромное значение. Излишнее изучение и ненужное углубление в любую тему или область не только порождает лишние затраты сил, но и приносит информационный шум, который ухудшает возможность реального понимания результатов исследований. При этом даже относительно небольшое ненужное расширение круга включенных в рассмотрение элементов (надсистем и подсистем) вызывает очень быстрый (степенной) рост объемов информации.
- Критерия важности информации – какие части информации важны и для чего? На что надо обратить внимание? Отсутствие такого критерия часто приводит к неразборчивости ученых – будем измерять, что попадется, может быть, получим что-нибудь полезное. Начинается "поиск под фонарем" – не там, где надо искать, а там где это легче, например, есть подходящие приборы и методики. Маловажная а иногда и просто бессмысленная информация, поддерживаемая к тому же старым и страшным заблуждением науки "отрицательный результат – тоже результат"²⁶ – главная причина информационного взрыва.
- Критерия достоверности собранной информации – насколько она близка к истине, насколько ей можно верить. Иногда таким критерием считают отсутствие противоречий между частями информации. Однако, это – очень слабый критерий, в сложных нелинейных системах наличие противоречий неизбежно, и противоречивая (или кажущаяся противоречивой) информация совсем не обязательно ложная.

²⁵ К работе по ФСА предъявлялись (как это в СССР было принято) многочисленные формально-бюрократические требования. Заполнение всяческих форм и таблиц, которые якобы должны были помочь работе, но реально могли только помешать. Поэтому практическая работа велась без всей этой чепухи, а перед сдачей по готовым уже результатам заполнялись бессмысленные "бумажки для отчета", которые все равно никто не читал.

²⁶ Конечно, это не всегда заблуждение. Если есть четко поставленный вопрос, на который можно дать только два ответа: "да" или "нет", то отрицательный результат не менее ценен, чем положительный. Так отрицательный результат опыта Майкельсона – Морли породил (через 18 лет) теорию относительности. А вот если возможна тысяча вариантов, то отрицательный результат по одному из них – только одна тысячная результата...

Отсутствие теоретически обоснованных, абстрактных, объективных, системных и т.п. критериев оценки информации оказалось не очень страшным, потому что на практике такие критерии есть, и они достаточно эффективны. Только это критерии сугубо конкретные, утилитарные, а часто даже субъективные²⁷.

"Достаточность" "Важность" и "Достоверность" информации определяются только возможностью сформировать на ее базе понимание рассматриваемой системы и достигнуть каких-то практических целей, например, достоверно спрогнозировать поведение системы при тех или иных условиях и/или эффективно управлять этим поведением.

Как работать со сложными системами?

Типичный источник множества научных и жизненных ошибок - некоторый объект или процесс изучается при определенных условиях, о нем делаются вполне достоверные для этих условий выводы. А потом эти выводы переносятся на другие объекты или на условия, в которых данный объект не изучался, и в которых могут возникать некоторые неизвестные эффекты, делающие данные выводы неадекватными.

Успехи применения системного подхода к большим, но, в общем, не слишком сложным системам типа релейных схем, привели к попыткам применения его к другим, существенно более сложным системам - биологическим и социальным. Энтузиастам – системщикам казалось, что если удастся прекрасно описать работу многих тысяч логических блоков компьютера, то описать простенький коллектив из нескольких десятков человек будет намного проще. Но в социальной области системный подход начал очень сильно "пробуксовывать", большинство "системных описаний" оказывались слишком грубыми или совсем не реальными, принятие решений на их основе оказалось неуспешным. Также малопродуктивным системный подход в его классическом виде оказался для экономики и биологии.

В процессе выполнения практических работ по решению сложных задач и особенно при проведении DE сложных систем (крупных производств, компаний, бизнес проблем и т.п.) выяснилось, что системный подход в его современном виде просто не имеет инструментов, позволяющих адекватно описывать реальные сложные системы, в частности:

- Системы нелинейные, имеющие сильно развитые обратные связи как внутри себя, так и со своим окружением, проходящие через кризисы, и т.п.
- Системы с длинными, многошаговыми причинно-следственными цепочками и "перепутанными" причинно-следственными сетями, с сильным влиянием "удаленных систем", то есть систем, связанных

²⁷ С точки зрения авторов это – большое достоинство, но мы понимаем, что для многих это – большой недостаток. Наука и душа настоящего ученого просят абстрактности и объективности...

между собой не прямо, а через ряд посредников, находящихся на разных системных уровнях.

- Динамические адаптивные системы, в которых постоянно происходит изменение структуры, свойств элементов и подсистем и связей между ними, в которых одни элементы исчезают, другие появляются и развиваются.
- Системы, в которых полезные и вредные результаты тесно связаны и могут порождать друг друга и т.п.
- Системы, в которых возникают противоречия:
 - Между подсистемами и/или характеристиками
 - В отношениях с другими системами
 - Между ближними и дальними результатами тех или иных событий и т.п.
- Системы, имеющие не иерархическую, а сетевую структуру и системы, имеющие фрактальную природу
- Нечеткие системы (типа рассматриваемых в теории нечетких множеств Лотфи А. Заде)

При работе со сложными системами (в основном в области организации производства, логистики и менеджмента) нам в первое время приходилось много импровизировать, но постепенно формировались некоторые подходы, позволяющие эффективно работать и с такими системами:

- Собирать только важную и достоверную, достаточную для практических целей информацию
- Выявлять скрытые и не очевидные связи между подсистемами, параметрами, системами, процессами
- Увидеть систему с разных точек зрения, совместить разные подходы к рассмотрению, разные модели системы
- Компенсировать недостаток информации, используя специальные методы поиска, привлекая информацию из других систем, аналогии, разные точки зрения и т.п.
- Выявлять или изобретать необходимые для понимания причинно-следственные связи и механизмы формирования как полезных, так и вредных эффектов
- Использовать понимание механизмов эффектов для улучшения систем, выявления и решения творческих задач, предсказания возможных желательных и нежелательных вариантов и результатов развития
- Управлять развитием технологий, социумов, бизнесов и т.п., позволяющие реализовать желательные и заблокировать нежелательные варианты развития.

Ниже мы рассмотрим все эти подходы более подробно.

Заставь дурака Богу молиться

Как ни странно, самой большой проблемой с использованием системного подхода стал не он сам, а его "приверженцы", легко обращавшие его достоинства в недостатки. Полезное и разумное использование определений

превращалось в самоцель, в "зловредное определительство"²⁸, следование заданным шагам превращалось в догму и формальный подход, часто приводящий к нелепостям. Во многом именно распространение системного подхода послужило современному возрождению в некоторых областях науки типичного позитивизма, отказу от понимания в пользу формального описания.

Таким образом, на базе нашей практики, изучения истории науки и применения инструментов ТРИЗ для развития самой ТРИЗ нам постепенно стало ясно, что системный подход направлен преимущественно на описание системы. А мы нуждаемся не столько в описании, сколько в понимании. А сам по себе "системный подход" – не самоцель, а лишь служебный инструмент, призванный обеспечить возможность лучшего понимания процессов или систем. При этом понимание системы во многих случаях может быть достигнуто и без громоздкого системного описания²⁹. Возникла идея формирования того, что мы называли "системным пониманием" или "понимательным подходом".

Понимание

В предыдущей главе мы упоминали о важности понимания систем и процессов, не уточняя, что имеется в виду, используя это слово в его бытовом (и вполне достаточном для работы) значении.

Все же приведем одно **определение**. *Понимание — психологическое состояние, верное восприятие или интерпретация какого-либо события, явления, факта, принятое в определенном кругу*³⁰. Википедия.

История понимания

Понимание разных процессов и явлений вовсе не является прерогативой людей. На глазах у исследователей маленькая японская мартышка изобрела

²⁸ Определения нужны и полезны там, где без них нельзя обойтись, а не там, где их можно "воткнуть" с целью повышения наукообразия. "Зловредное определительство" мы определяем как придумывание определений, которые:

- Не нужны для конкретной реальной работы.
- Не дают ничего нового типа "Веревка есть вервие простое".

Например, из ТРИЗовских публикаций: "Принцип действия ТС представляет собой минимально-необходимую совокупность природных эффектов и явлений (процессов), обеспечивающих выполнение ГПФ. ТС, имеющие общие ГПФ и принцип действия, составляют функционально-физический класс, занимающий одну из параметрических ниш". Если кто-нибудь не понимает что такое "принцип действия", поймет ли он с помощью такого определения? В более чем 1000 проектов и сотнях циклов обучения мы просили людей описать принцип действия их системы. Никто не знал этого выдающегося определения, но никто не ошибался...

²⁹ Конечно, очень многие читатели не согласятся с этим "унижением системного подхода". Этим несогласным мы предлагаем прочитать совсем не плохую статью "[Системный подход](#)" в Википедии и найти там что-нибудь кроме общих слов и благих пожеланий. А потом попробуйте в любой теоретической публикации по системному подходу найти что-нибудь, что можно было бы реально применить.

³⁰ Это типичный пример "зловредного определительства".

способ очищать зерно от песка, бросая его в воду. Песок тонул, а зерна плавали, и умница мартышка собирала их с поверхности воды. Она поняла с ясностью, достаточной для практического применения, ни больше, ни меньше как закон Архимеда! Ворона, сознательно и без всяких проб и ошибок, делающая крючок чтобы достать пищу из узкого стакана, тоже прекрасно понимает, что делает. Многие животные способны понимать достаточно сложные процессы, а также особей своего и часто других видов. Собаки хорошо понимают своих хозяев, не говоря уж о попугаях, понимающих человеческую речь и способных сознательно ее использовать.

На протяжении всей истории люди старались понять природу тех или иных явлений или процессов. Главным результатом этого понимания становилась возможность управления своей жизнью и окружением, использования ресурсов, защиты от нежелательных явлений, творческого развития, улучшения технологий (охоты и земледелия, орудий, оружия, пищи, домов, отношений с людьми и т.п.).

Понимание процессов на том или ином уровне, не обязательно абсолютно правильное или полное, стало основой разделения труда между людьми и большинства технологических процессов – обработки земли, скотоводства, разных ремесел. Это породило все дальнейшее развитие технологий и цивилизации.

Очень важную роль играло понимание других людей, их возможных действий и реакций. Оно стало основой социализации людей, успешного руководства ими, менеджмента и военного командования, формирования сильных племен, потом вождей, государств, развития интриг и политики как средств достижения тех или иных целей, основой развития торговли и т.п.

Интересно, что потребность в понимании, желание понимания люди приносили даже в области, управление которыми принципиально невозможно. Именно потребность в понимании своего окружения заставляла придумывать богов и картины создания мира. Это религиозное понимание позволяло делать попытки так или иначе (молитвами, жертвоприношениями, а иногда – избиванием идолов) влиять на богов, добиваться улучшений своей судьбы.

Развитие понимания в истории прошло ряд весьма специальных шагов:

- Понимание полу-интуитивное – полу-сознательное своего окружения и людей, их целей, мотивов, действий и т.п.
- Создание умозрительных гипотез, объясняющих непонятное - от мифов до идей греческих философов (все создано из огня, из земли, из воды, все состоит из атомов с крючками, цепляющихся друг за друга, наш мир лишь отражение некоторого идеального мира и т.п.) Эти идеи еще не имели никакой связи с реальностью и никак не влияли на практику.
- Появление формальной логики Аристотеля, вполне реального инструмента понимания, к сожалению, пригодного только для достаточно простых проблем.

- Классический научный подход – создание связей между умственными построениями (гипотезами и теориями) и реальностью – наблюдениями, результатами экспериментов.
- Системный (холистический) подход – исследования систем с учетом системных эффектов, связанных с объединением систем и их иерархическими отношениями.

Следующий, этап развития, описываемый в этой книге - формирование **системного понимания**, суть которого - выявление и анализ цепочек и сетей причинно-следственных связей и поиск или "конструирование" (изобретение с помощью специальных методов) механизмов, реализующих эти связи.

Что такое – понимание?

Любой ребенок в своем развитии проходит стадию "почемучки", задавая каждый день сотни вопросов типа "Почему дождь идет?" "Почему я должен есть эту кашу?". Каждый ответ порождает следующий вопрос, к ужасу родителей и воспитателей. Почему, почему, почему... Это не случайно, ребенок формирует понимание своего окружения, без которого ему просто не выжить. И он лишь повторяет путь развития всего человечества, боровшегося за свое выживание путем все лучшего понимания своего окружения.

Каждая пара "вопрос – ответ", типа "почему – потому что", представляет собой звено некоторой цепочки причин – следствий, проявление причинно-следственной связи. Понимать некоторую систему или процесс означает иметь возможность отвечать на цепочку разных "почему?", пока ответы не дойдут до утверждений, которые не проверяются, а считаются правильными исходно, аксиоматично.

Например, утверждая, что квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов, мы должны обеспечить цепочку доказательств, которая приведет нас к аксиомам Эвклида и/или арифметики. После этого мы считаем, что понимаем. (Хотя в детстве нам эти факты не обязательно были очевидными, и мы проверяли все "на пальцах").

То есть понимание по своей сути сводится к:

- Установлению некоторых причинно-следственных связей и интегрированию разрозненных "фрагментов понимания" в некоторую общую картину.
- Способности на базе причинно-следственных связей или механизмов предсказывать вероятные результаты тех или иных воздействий на систему (не обязательно очень точно и не обязательно всегда правильно).

Очень часто понимание – результат использования тех или иных аналогий. "Сердце – насос, перекачивающий кровь" – очень понятная механическая аналогия. Вообще, механика как одна из самых понятных областей науки дает массу аналогий для других областей знания. Математические формулы и уравнения, графики зависимостей и иллюстрации в книгах – тоже определенные виды полезных для понимания аналогий.

Можно также сказать, что понимание некоторых феноменов – это способность их воспроизвести (в реальности или в уме), представить, выстроить реалистичную и подтверждаемую тем или иным путем последовательность событий и условий, обеспечивавших получение результата, то есть описать "механизм эффекта" - некоторый устойчивый, универсальный, повторяющийся в разных системах и условиях набор причинно-следственных связей.

Представление "механизма эффекта" может быть наглядным, в виде некоторой статичной или движущейся картинке в голове, каких-то схем, графов, диаграмм, математических моделей, а может быть и чисто словесным, описательным. В большинстве случаев механизм эффекта (хотя бы в первом приближении) удастся объяснить простыми словами и без сложных математических выводов, в популярной форме. Можно даже сказать, что понимание механизма есть способность объяснить его другим³¹.

Понимание механизмов эффектов позволяет по одним факторам, связанным с системой или процессом, предсказать другие факторы, развитие процессов, будущее системы. Кроме того, существует удивительный и эмпирически почти всегда подтверждающийся принцип простоты "механизмов эффектов" на соответствующих системных уровнях.

Блестящий русский биолог, академик А. М. Уголев в книге "Естественные технологии биологических систем" формулирует Принцип универсальности биологических механизмов:

"Основные закономерности строения биологических систем всеобщи. Это означает, что какой-либо механизм, свойственный организмам одного вида или даже открытый у клеток организмов одной группы, будет широко распространен или универсален. Иными словами, он может быть обнаружен у организмов других видов или оказаться всеобщим. Принцип универсальности отражает общность происхождения организмов и единство структурно-функциональной организации жизни как планетарного явления. Принцип заставляет любую частную закономерность рассматривать как потенциально всеобщую и искать границы ее применения.

Аналогичный, более широкий принцип универсальности может быть сформулирован и для "объяснительных механизмов". Многолетние исследования показали, что принципиально различных типовых объяснительных механизмов не очень много, одни и те же механизмы действуют в самых разных системах. Но при этом есть почти неограниченная возможность модификации и совместного действия разных механизмов. Изобретение и "адаптация" разных объяснительных механизмов для понимания разных систем и процессов – одна из основных составляющих научной работы.

Для творческих процессов, изобретения новых идей, улучшения систем, решения задач и т.п. понимание всегда важнее, чем просто владение

³¹ Типичное выражение "понимаю, но объяснить не могу" в сочетании с возможностью более или менее точно предсказать, что получится в результате – признак того, что механизм эффекта существует, что он понятен на интуитивном уровне и что его в принципе можно выразить словами, вербализовать.

информацией или математический анализ. Более того, понимание систем и процессов в них позволяет осуществить очень важную операцию "свертки" информации, замены знания множества конкретных фактов знанием простого правила или закономерности. Это резко уменьшает необходимость в сборе и запоминании информации, позволяет компенсировать недостаток информации, заменять одну информацию другой.

В силу особенностей человеческого мозга, нам доступны разные виды понимания:

- Понимание внелогическое, основанное на интуиции, ощущении и т.п. "Это так, я в этом уверен, но объяснить почему (то есть вербализировать и построить логические цепи) не могу". Или после многих попыток понял, как делать это упражнение, понял мышечным чувством, чувством равновесия, обонянием и т.п. Описать не могу, а использовать могу. "Поймал", почувствовал нужный тон разговора... Такое понимание формируется, например, при общении с животными³².
- Понимание логическое, вербализованное, доказываемое цепочкой логических умозаключений

Понимание скорее процесс, чем статическое состояние. Опасно превращение понимания в данность, в заученную аксиому, это часто происходит с реальной потерей понимания. Очень опасны и попытки заменить понимание чистым знанием. Вместо понимания, что надо делать при сигнале тревоги остается только знание – надо нажать красную кнопку. А если сигнал означает что-то другое, неожиданное, если условия необычны, это может оказаться плохим решением. При недостатке понимания могут происходить цепные реакции роста непонимания и, как результат, неправильное реагирование на события.

Понимание тех или иных процессов или явлений разными людьми всегда неоднозначно и может сильно отличаться, потому что разные люди могут исходить из разных базовых аксиом и использовать разную логику вывода, учитывать разные факторы и т.п. Поэтому огромное значение для консолидации общества и развития понимания тех или иных вещей имеет возможность передачи понимания от человека к человеку, обмена пониманием, формирования общего понимания. К этому сводятся процессы обучения, переговоры, научные дискуссии и т.п.

Чем больше факторов, действующих на систему, тем труднее обеспечить ее понимание, потому что возникает множество разных, часто связанных обратными связями причинно-следственных цепочек. Понимание также затрудняется наличием разных случайных факторов, неполнотой знания, ложной информацией, предвзятыми мнениями и т.п. Набор причинно-следственных связей превращается из отдельных цепочек в сложную сетевую, часто многомерную, нечеткую, нелинейную структуру. При этом возникает проблема множественности – у одного явления может быть несколько причин

³² А. Зусман, например, всегда прекрасно понимает, чего хочет наш маленький попугай

и механизмов, а некоторый механизм может давать разные результаты в разных условиях.

В подавляющем большинстве случаев (за исключением некоторых очень простых вещей или чисто научного, абстрагированного подхода) понимание не абсолютно и не точно, оставляет место для некоторой неопределенности.

В принципе, для вождения автомобиля вполне достаточно понимать связь между поведением автомобиля и воздействием на устройства управления (поворот руля и нажим на педали газа и тормоза). А вот чтобы ездить оптимально, надо понимать существенно больше, но, опять-таки, далеко не все...

В отличие от классического системного подхода, не имеющего критериев "достаточности", "важности" и "достоверности" информации, в "понимательном подходе" такие критерии имеются, причем это не абстрактные или теоретически обоснованные, а сугубо конкретные, утилитарные, а часто и субъективные³³. В частности:

- Понимание достаточно, если на его базе можно обеспечить достижение некоторых практических целей, например, достоверно прогнозировать поведение системы и/или эффективно управлять этим поведением.
- Информации достаточно, и она достоверна, если она обеспечивает достаточное понимание системы или процессов в ней
- Только та информация важна, которая обеспечивает или улучшает понимание

Понимание любых ситуаций или процессов очень улучшается при наличии хоть какого-то практического применения и опыта. Если некоторый процесс или систему можно "потрогать руками" – это хорошая возможность улучшить понимание. Рассуждения о том, сколько ангелов поместится на кончике иглы – просто игры ума, а вот попытки понять, почему пальцем человека не проткнешь, а ножом – легко, требует построить достоверную причинную модель, и этому очень помогает конкретный опыт (резать людей при этом совсем не обязательно).

Понимание тех или иных процессов или явлений часто построено на достаточно длинных цепочках причинно-следственных связей типа

Не было гвоздя, - подкова пропала.
Не было подковы, - лошадь захромала.
Лошадь захромала, - командир убит.
Конница разбита, армия бежит.
Враг вступает в город, пленных не щадя, -
Оттого что в кузнице не было гвоздя!

Каждый шаг причинно-следственных связей, каждый механизм дает возможность так или иначе воздействовать на систему. Понимание обеспечивает набор возможностей управления системой. Например, в

³³ С точки зрения авторов это достоинство, но мы понимаем, что для многих это – серьезный недостаток. Душа настоящего ученого просит абстрактности и объективности...

упомянутой причинно-следственной цепочке "не было гвоздя" – сразу видно огромное количество вариантов предотвращения печального исхода:

Не было гвоздя, - подкова пропала.	Вовремя обнаружить отсутствие гвоздя, закрепить подкову или взять другого коня
Не было подковы, - лошадь захромала.	Командир может пересесть на другую лошадь, когда его конь захромал
Лошадь захромала, - командир убит.	Убитого командира должен заменить другой, управление войском не должно зависеть от одного человека
Конница разбита, армия бежит.	Конница могла быть поддержана другими частями и не быть полностью разбитой. Даже при разбитой коннице армия может стоять в обороне или организованно отступить, а не бежать
Враг вступает в город, пленных не щадя,	Даже если армия разбита, город может защищаться...
Оттого что в кузнице не было гвоздя!	Ни при каких условиях сложная система не должна зависеть от одного гвоздя!

Интересно, что после того, как "цепь понимания" построена, люди часто ее больше не используют, принимая те или иные решения. Они ограничиваются более простым, "свернутым" пониманием или только выводами из этого понимания на разных уровнях, например:

- В кузнице всегда надо иметь запас подковных гвоздей
- Перед боем надо проверить все необходимое оборудование, оружие, обмундирование. Недостаток любой мелочи может стать причиной поражения
- Армия должна быть снабжена в достатке всем, необходимым для боевых действий, от снарядов до гвоздей
- "Проиграли войну, потому что не было организовано снабжение армии".

Вариант более общий, чем все предыдущие: Перед началом любого дела проверь, имеешь ли ты все необходимые для его осуществления ресурсы.

В результате процесса "свертывания понимания" многие подробности оказываются как бы скрытыми внутри некоторого "черного ящика", который мы не просматриваем, довольствуясь знанием только его входов и выходов. Для практических, а иногда и научных целей такой причинности часто бывает вполне достаточно.

"Свернутое понимание" обеспечивает возможность при построении новых цепочек рассуждений использовать уже готовые "блоки понимания", не прослеживая каждый раз все причинно-следственные цепи. Это как в известном анекдоте про математика:

- Задача 1. Есть вода, газовая плита, чайник, надо получить горячую воду.
Решение – наливаем воду в чайник, ставим его на плиту, зажигаем плиту и ждем появления пара
- Задача 2. Есть чайник, в который налита вода, и есть зажженная плита, надо получить горячую воду.
Решение – выливаем воду из чайника, гасим плиту. Тем самым задача сведена к предыдущей, решение которой тривиально.

Свернутое понимание помогает быстро ориентироваться и принимать эффективные решения, но в некоторых ситуациях опасно: оно может порождать психологическую инерцию и приводить к ошибкам понимания при изменении условий и ситуаций. То есть ситуация кажется понятной, при этом не замечают, что возникли новые, не понятые и потому не учитываемые явления. Когда оказывается, что привычные

методы "не срабатывают", нужно мысленно вернуться к первичной, не свернутой цепи причинно-следственных связей, проверить "крепость" этой цепи, найти, что изменилось, какие факторы появились или исчезли и т.п. Надо перестроить цепь, проверить ее эффективность – а потом позволить ей опять свернуться.

Понимание возможно на разных системных уровнях. Мы знаем, что попытки полностью свести явления одного уровня к другому, более низкому уровню обычно неэффективны³⁴. Нельзя объяснить все социальные явления биологией, биологические – химией и физикой. Но, с другой стороны, переходы от уровня к уровню подчиняются закономерностям, типа тех, которые открыл К. Вильсон³⁵, то есть существуют переходные зоны, где действуют сочетание законов разных уровней. Не случайно существует целый ряд "промежуточных наук" – социобиология, биофизика и биохимия, физическая химия и химическая физика и т.п.

Соответственно и для понимания разных феноменов нужно подходить с аналогичными мерками – основное понимание, рассматриваемые механизмы эффектов чаще всего относится к тому системному уровню, на котором феномен проявляется. Но при этом часто необходимы "экскурсии" к смежным – более низким или более высоким уровням системного рассмотрения.

Формирование реального понимания всегда включает переходы между разными уровнями. Оно может начинаться как "снизу", от подсистем низкого уровня, так и "сверху", от надсистем. Сначала может быть осознана, понята некоторая локальная, узкая закономерность или механизм, и тогда на следующем этапе она может быть осознана как нечто более общее. Или, наоборот, сначала осознается высокоуровневая, общая закономерность, а потом она применяется для понимания систем более низкого уровня.

Сложность в понимании и изучении любой реальной области связана с обилием локальных и частных случаев и закономерностей, которые лишь в достаточно слабой мере подчиняются общим высокоуровневым закономерностям. И все они требуют понимания на своем уровне. Обычно при изучении какой-то области происходит все более глубокое ее понимание. Растет количество факторов, принимаемых в расчет, число причинно-следственных связей и механизмов, знание условий, при которых эти связи и механизмы работают или меняются. Правильное понимание – многоуровневое, основанное на учете общих и локальных закономерностей и механизмов, того, как они следуют друг из друга и влияют друг на друга.

³⁴ В науке такие попытки известны как

- Редукционизм - методологический принцип, согласно которому сложные явления могут быть полностью объяснены с помощью законов, свойственных явлениям более простым. Принцип редукции - сведение сложного к простому и высшего к низшему, например, социологические явления объясняются биологическими или экономическими законами.
- Физикализм – попытки построения любых наук по модели построения физики (непригодные для областей, рассматривающих принципиально более сложные системы, таких как биология и социология)

³⁵ Кеннет Вильсон, лауреат Нобелевской премии по физике 1982 года за «теорию критических явлений в связи с фазовыми переходами», показал, что взаимодействие между возмущениями, сильно отличающимися по своим масштабам, происходит через систему возмущений промежуточных масштабов.

Между описанием некоторой системы и ее пониманием существует положительная обратная связь:

- Накопление информации, первичное описание или узнавание (формализованное или неформальное), обеспечивают формирование начального знания об объекте, позволяющего добиться некоторого первичного его понимания, хотя бы смутного, неполного. В худшем случае, когда никакого понимания достичь не удастся, осознается хотя бы само непонимание, формируя потребность в понимании.
- Появившееся частичное понимание или даже только желание понять активизирует работу мозга, способствуют более целенаправленному сбору информации и углублению описания.
- Более полное и адекватное описание помогает углубить понимание и т.п. То есть возникает цепная реакция развития понимания системы и продолжается до тех пор, пока это понимание не становится достаточным для каких-то конкретных целей. Например, возможности управлять процессом, защититься от опасностей или хотя бы опубликовать статью.

Развитие понимания идет от простых моделей к более сложным. При этом очевидны несколько важных тенденций:

- Повышение точности и определенности моделей, доведение их до вида математических формул, зависимостей
- Совмещение разных моделей – с одной стороны (точки зрения), с другой, с третьей...
- Прослеживание причинно-следственных связей во времени (в прошлое и будущее) и в пространстве, на все более удаленные объекты
- Понимание неоднозначности причинно-следственных связей и наличия от каждой связи разных результатов, как положительных, так и отрицательных
- Диалектический подход, включая понимание противоречий, в том числе главного – между ближними и дальними результатами
- Реактивный подход, понимание того, что любое действие порождает реакцию (действие и противодействие или, наоборот, лавины и т.п.)
- Более глубокое понимание общих закономерностей развития и локальных тенденций

Понимание систем и явлений в разных областях может существенно отличаться, зависеть от целей изучения и ожидаемых результатов.

Что значит понимать человека

При анализе действий людей часто бросается в глаза кажущаяся нелогичность, глупость, необоснованность тех или иных действий или реакций. В большинстве случаев эти нарушения – только кажущиеся, связанные с нашим непониманием, неспособностью увидеть это в системе, "изнутри" этого человека, понять его цели и логику.

Для анализа человека надо заведомо принять, что человек не идиот, не поступает дико и бессмысленно, а что у него есть какие-то цели и логика их достижения, то

можно провести операцию «реставрации ситуации» - постараться выявить цели и логику, понять ее.

Понимание людей многогранно, оно может включать:

- Понимание ощущений, эмоций и чувств человека (эмпатия)
- Понимание желаний и целей человека, его приоритетов, движущих мотивов его поведения
- Понимание того, как человек рассуждает, его логику, как и почему он делает те или иные выводы и принимает те или иные решения
- Понимание того, что данный человек понимает и что не понимает.

По сути дела, для одного человека понимание другого сводится к построению в мозгу "первого человека" некоторой модели "второго человека" и его мышления, построения "виртуальной модели", "виртуальной машины" играющей роль другого человека. Очень похоже на широко распространенную при разработке компьютеров технологию эмуляции одного компьютера в другом, более мощном. Осуществляется эта "эмуляция" за счет некоторого процесса "реинжиниринга", определения того, что этот "второй человек" думал, чувствовал, что он хотел сделать, что будет делать в будущем в той или иной ситуации и т.п. по каким-то совершенным действиям – не важно, осознанным или нет, объясненным или нет.

Сам "реинжиниринг" строится в виде последовательного ответа на вопросы типа "Почему?" или "Зачем?" Между этими вопросами есть существенное различие:

- "Почему?" – вопрос нейтральный, его можно применить к неодушевленным системам, типа "Почему идет дождь"
- "Зачем?", "с какой целью?" – вопрос направленный, его можно задавать только объектам, имеющим (хотя бы предположительно) некоторые цели и действующим в направлении их достижения.

Можно также использовать вопрос "зачем" при изучении деятельности подсистем организма, органов, действующих как в "собственных интересах", так и "в интересах" самого организма. Например:

- Почему у человека вырастает давление? И искать различные механизмы, например, выброс кортизона надпочечниками.
- Зачем надпочечники выбрасывают кортизон? Для усиления мышечной силы, скорости реакции, злости и т.п. в предвидении опасности, чтобы помочь организму преодолеть эту опасность. И другой, связанный с этим ответ – чтобы избавиться от потенциально опасных веществ внутри самого себя как органа (надпочечников).

В попытках понимания человека всегда сочетаются оба вопроса: "Почему?" и "Зачем?"

В подавляющем большинстве случаев понимание людей нужно для налаживания с ними отношений и часто – для манипулирования ими. Большинство людей вовсе не хотят, чтобы другие понимали их слишком хорошо, знали их побуждения, цели, слабости, приоритеты, методы рассуждений и т.п. – люди опасаются, что это поставит их в зависимость от других, позволит ими манипулировать. Но при этом они очень хотят, чтобы другие понимали то, что они объясняют, доказывают. Вопрос "Ты меня понимаешь?" – один из самых частых и важных вопросов для людей. По-

видимому, это связано с тем, что такое понимание помогает манипулировать другими.

"Ты понимаешь, что это надо сделать по тем-то и тем-то причинам? Так делай, даже если не хочется"

Интересно и обратное – когда люди отказываются что-то принять, с чем-то смириться, они часто говорят: "Я этого не понимаю, я это не хочу понимать, я отказываюсь это понимать, я не понимаю, как ты мог так со мною поступить" и т.п. На самом деле это означает не непонимание, а неприятие чего-то, отталкивание, отвержение, причем неприятие эмоциональное, с раздражением, с отвращением.

Понимание очень тесно связано с доверием к той или иной информации. В серии фантастических романов Терри Гудкайнда "Меч Истины" сформулировано "Первое правило волшебника": "Люди верят тому, чему хотят верить или тому, чего боятся". Это связывает веру (доверие) с эмоциями людей. Мы можем дополнить это правило, связав его с пониманием: "Люди верят тому, что понимают или тому, что они думают что понимают"

Понимание, умение увидеть причинно-следственные связи и механизмы, особенно возможность свести непонятное к чему-то привычному и понятному, создает ощущение правильности этих "новых" вещей или идей и вызывает к ним доверие. Не случайно, когда человек пытается убедить в чем-то других, он старается действовать на их понимание, объясняет причины, почему что-то сделано или должно быть сделано, результаты, которые могут быть получены, механизмы того, как эти результаты получаются, и т.п.

Среди всех людей, для каждого есть один, понять которого важнее всего, но и труднее всего – это он сам. Все сказанное выше относится и к пониманию себя.

Что значит понимать исторические события?

В большинстве случаев это предполагает знание некоторых основных факторов, учет наиболее значимых движущих сил и ограничений, хотя бы на достаточно высоком системном уровне. А мелкими фактами, создающими преимущественно информационный шум, можно и нужно пренебрегать. Но всегда надо помнить, что некоторые из "пренебрегаемых" факторов при определенных условиях, например, при возникновении цепной реакции, могут стать доминирующими и определяющими поведение системы.

В исторических событиях также очень часто имеется сочетание факторов "Почему?", не зависящих от чьей-то направленной воли, и "Зачем?" – факторов, зависящих от или иных исторических персонажей.

- Почему начались походы Александра Великого? – Греция была переполнена "лишними людьми", находилась на грани внутреннего развала и войны всех со всеми. Было огромное давление изнутри, требовавшее "выброса" лишних людей из Греции через какой-то "предохранительный клапан".
- Зачем Александр Великий начал походы? – чтобы завоевать мир, обеспечить греческую торговлю, отомстить персам, добиться бессмертной славы и т.п.

Дефекты понимания

Ошибка границ понимания

Очень важно знать и понимать границы понимания, четко отдавать себе отчет в том, что понятно, что нет, и насколько глубок уровень понимания.

Например, совершенно ясно, как будет вести себя некоторая металлическая деталь при небольших нагрузках. Но вот нагрузка подошла к пределу пластичности – и поведение детали полностью изменится. Если этого не знать или не понимать – поломка детали неизбежна.

Нассим Талеб, автор книги "Черный лебедь", считает, что именно непонимание границ понимания – источник самых больших и опасных ошибок в деятельности людей.

Само умение экстраполяции – формирование понимания на ограниченном опыте и расширение его на другие области – чрезвычайно полезно. Но существенно, чтобы такое расширение происходило сознательно, с исследованием допустимости и правильности этой экстраполяции. Относительно безопасна экстраполяция внутри некоторого ограниченного, известного диапазона параметров. Однако, и здесь могут быть неожиданности, особенно в сложных и нелинейных системах – могут иметься некоторые локальные зоны, где экстраполяция не работает, некоторые сочетания параметров, при которых появляются новые причинные связи или нарушаются уже имеющиеся.

Чем дальше мы выходим за пределы проверенного диапазона параметров, тем менее достоверна и надежна экстраполяция.

"Серые зоны" понимания

*Господи, дай мне спокойствие принять то, чего я не могу изменить, дай мне мужество изменить то, что я могу изменить. И дай мне мудрость отличить одно от другого*³⁶.

Отличить зоны, где есть реальное понимание от зон непонимания, бывает очень сложно, так как часто существуют некоторые "серые зоны", где понимание не полно, частично, фрагментарно, завязано на недоказанные предположения и т.п. Для людей это психологически неприятная и некомфортная ситуация, поэтому нередко отсутствие понимания скрывается (и от самого себя) или непонятные вещи объясняются какими-то кажущимися подходящими объяснениями "ad hoc". А потом, при использовании этого "серого (неполноценного) понимания" возникают неожиданности и очень редко – приятные.

Ошибка замены понимания названием

Способность к свернутому пониманию, к замене реальных сложных цепей и сетей причинно-следственных связей на "черные ящики" нередко играет с нами скверные шутки. Нам кажется, что мы понимаем то, что можем назвать "умным термином".

³⁶ Молитва немецкого богослова Карла Фридриха Этингера (1702—1782).

В справочниках цитат и изречений англосаксонских стран, где эта молитва очень популярна (как указывают многие мемуаристы, она висела над рабочим столом президента США Джона Кеннеди), ее приписывают американскому теологу Рейнхольду Нибуру (1892—1971). С 1940 г. она используется обществом «Анонимные алкоголики».

В 1632 году Галилей опубликовал работу «Диалог о двух главнейших системах мира», где привел развернутые аргументы в пользу гелиоцентрической системы Коперника. В одном из диалогов Сагрето — просвещенный человек, пытающийся во всем разобраться, спрашивает: "Почему любые тела падают на землю?" На что простак Симпличо, защищающий официальную Птолемеевскую концепцию, отвечает: "Всем известно, что причина этого - их тяжесть". А Сальвиати, представляющий мнение самого Галилея, замечает: "Вам следует сказать, что мы называем эту причину тяжестью!".

Эта типовая ошибка понимания, характерная для многих, начиная с детишек, отвечающих на трудный вопрос "потому что потому", и кончая учеными и инженерами, которые объясняют неожиданные эффекты терминами, которые сами не слишком хорошо понимают. В разных областях науки, техники и обычной жизни существуют некоторые "общие объяснения" пригодные почти для любых случаев, типа:

- "Влияние наводок" – на это можно списать любые непонятные эффекты в электронном оборудовании
- "Баги" в программном обеспечении
- "Накопление стрессов", "влияние усталости", дефекты материала" и т.п. – гонится при любых механических поломках.
- "Посторонние примеси" - когда какая-то химическая реакция идет неправильно
- "Ошибка пилота" – при любых авариях самолетов
- "Происки врагов", заговор масонов, евреев, черных, мусульман, коммунистов, националистов, вегетарианцев, банкиров, велосипедистов и т.п. – для объяснения любых неприятных социальных явлений.

Опасность таких "объяснений" в том, что они прикрывают отсутствие реального понимания и потому не позволяют принять меры к устранению проблем.

В своей изобретательской практике авторы постоянно сталкиваются с ситуацией, когда клиенты просят устранить некоторую проблему, вполне толково объясняя, почему она возникла, откуда взялась. На вопрос – если причина известна, почему же вы ее не устранили так-то и так-то, типичный ответ – мы пытались, но почему – то это не сработало. При этом клиентам не приходит в голову, что проблему не удастся устранить именно потому, что неправильно понята ее причина³⁷.

Ошибка чересчур широкого обобщения

Пренебрежение локальными закономерностями, подмена их общими декларативными законами – одна из типичных ошибок в развитии науки.

Специалист по ТРИЗ Алексей Захаров предложил некоторую универсальную схему эволюции и постоянно приводит все новые подтверждающие это примеры. Но это совершенно не требуется – нет сомнений, что схема эта правильна. Вместе с тем, она настолько общая, что годится для объяснения развития чего угодно и малоприспособна для практического использования, так как дает рекомендации очень общие и при этом вполне тривиальные.

³⁷ Именно благодаря этому "диверсионный анализ", когда-то придуманный для решения задач выявления и устранения причин брака, оказался очень универсальным инструментом, который нам приходится использовать едва ли не в каждом проекте.

Ошибка недостаточного обобщения

Обратная ошибка – пренебрежение общим в пользу локального. Исследователь, перестав видеть за деревьями лес, переходит к изучению листьев...

В середине восьмидесятых годов мы (авторы данной книги) писали свою первую книгу "Профессия – поиск нового". Стараясь сделать книгу лучше, мы купили и проштудировали книгу по стилистике русского языка. Особой пользы это не принесло, но неожиданно обнаружилась странная вещь – в первой главе автор подробно перечисляет типичные ошибки начинающих писателей, типа тавтологии, эллипсиса, оксюморона, вульгаризмов и т.п. А страниц через 100 в другой главе перечисляет средства усиления ораторской или поэтической речи, повторяя практически те же выражения и не замечая своих повторов. Именно на базе этой, не имеющей никакого отношения к технике книги, мы сформулировали закон согласования – рассогласования, сначала для технических систем, а потом и для любых развивающихся систем. Этот закон описывает развитие, включающее два сменяющих друг друга этапа:

- Согласование элементов системы и протекающих в ней процессов для устранения вредных эффектов
- Рассогласование для получения дополнительных полезных эффектов

Так переход к от локального узкого понимания к более широкому дал возможность найти очень важное обобщение.

Инструменты понимания

Формирование понимания в науке и технике

Начиная с появления реальной науки, несмотря на методологические извращения типа позитивизма, многие ученые боролись за понимание физических, химических, биологических, социальных и т.п. процессов, открывая и формулируя законы, строя гипотезы и теории. Однако, за 400 лет развития так и не были созданы реальные, достаточно универсальные инструменты формирования понимания.

Ученый накапливал информацию, потом каким-то, непонятным ему самому и тем более другим, образом изобретал некоторую гипотезу, объясняющую эту информацию, а непонятность процесса компенсировалась наивными историями типа упавшего на голову яблока. Дальше для проверки, уточнения и развития теории была создана масса средств – математика, постоянно развивающиеся методы исследований и измерений и т.п. То есть, в развитии научного понимания все происходило так же как в развитии изобретательства – долгое время никто не знал, как именно делаются изобретения, и никто этим особенно не интересовался, по крайней мере, до начала 20 века.

Очевидно, что формирование понимания не сводится просто к накоплению информации или открытию каких-то фактов. Гениальная японская мартышка открыла факт – зерно плавает. И другой факт – песок тонет. А дальше поняла, в чем разница между песком и зерном и изобрела, как это использовать... Майкельсон и Морли в 1887 году открыли факт постоянства скорости света в движущихся системах, но

потребовался гений Эйнштейна, чтобы через 18 лет после этого понять значение этого факта и построить специальную теорию относительности.

По-видимому, первым, кто задумался над вопросами формирования понимания в науке, был Анри Пуанкаре, который в конце 19 и начале 20 века опубликовал по этой теме ряд статей и книгу "Наука и метод". За ним шли такие ученые как Дьердь Пойя, опубликовавший книги "Математика и правдоподобные рассуждения" и "Математическое открытие".

Во второй половине 20 века появились многочисленные науковедческие работы, хотя многие из них не столько усилили понимание развития науки, сколько затемнили его. Так, знаменитый Карл Поппер с помощью концепции "фальсификационизма" свел вопрос понимания к совершенно пустому обсуждению на тему – что можно назвать наукой, а что (с его точки зрения) нельзя³⁸.

Пол Фейерабенд в целой серии книг построил псевдо-инструментальную концепцию "эпистемологического анархизма", призывающую отказаться от логики, обратиться к магии и колдовству, делать заведомые глупости и т.п. в надежде, что это позволит выйти на выдающиеся открытия. По сути дела, он пытался бороться с психологической инерцией ученых с помощью очень слабой версии мозгового штурма, придуманной им лет на 20 после прекрасных работ А. Осборна.

Из трудов науковедов, по-видимому, наиболее интересными были работы Томаса Куна, описавшего циклы развития науки и научные революции, заключающиеся в смене парадигмы. Однако, никаких инструментальных выводов из своего исследования Т. Кун не сделал.

Важными практическими методами формирования понимания в обучении стало использование разных моделей, проведение лабораторных работ, вовлечение студентов в практическую работу и т.п. Но, к сожалению, эти очень полезные методы не могли компенсировать отсутствие специальных инструментов формирования понимания новых систем и проблем.

Задача формирования понимания очень часто похожа на типичные детективные задачи. Конан Дойль описал Шерлока Холмса, и тысячи людей пытались подражать великому детективу, развивая наблюдательность, но секрет Шерлока – не наблюдательность, а "понимательность" – по малым следам информации он мог восстановить (провести реинжиниринг) произошедшие события. У него были для этого и специальные приемы: работа с противоречиями, отбрасывание невозможных вариантов, поиск физического, а не мистического объяснения и т.п. Эти приемы, в общем, похожи на те, что используется в Теории Решения Изобретательских Задач (ТРИЗ).

Весьма эффективным инструментом формирования понимания оказался созданный Г.С. Альтшуллером Алгоритм Решения Изобретательских Задач (АРИЗ), инструмент

³⁸ Еще один пример "зловредного определительства".

последовательного многошагового анализа системы, проходящего через построение серии простых универсальных моделей, таких как:

- Модель конфликта в системе
- Модели идеальной системы
- Модель противоречия

АРИЗ также предлагает дополнительные и очень эффективные "понимательные" модели, такие как:

- Оператор РВС
- Метод Маленьких Человечков (ММЧ)
- Вепольные схемы
- Стандарты на решение изобретательских задач

Но до сегодняшнего времени, в отличие от области изобретательства, сколько-нибудь надежных инструментов построения новых гипотез или теорий не было создано.

Как упоминалось выше, в процессе работы по теме "общая теория эволюции" авторами был разработан и испытан ряд инструментов, помогающих формированию понимания разных систем и процессов. В их число вошли:

- Техника сбора и структуризации эволюционной информации
- Техника использования аналогий
- Техника выявления эволюционных механизмов
- Техника причинно-следственного анализа сложных систем
- Техника решения творческих задач
- Общая техника научной работы в эволюционных исследованиях

Техника сбора и структуризации эволюционной информации

"Сверхобучение"

Когда Б. Злотин стал профессиональным ТРИЗ-решателем, главной проблемой для него оказалось не само решение задач, а сбор, структуризация и понимание собранной информации. Вначале это было очень сложно, но со временем все как-то "упростилось" и перестало быть проблемой. Но обучить других людей также свободно "плавать" в море информации и легко находить все нужное, почему-то не удавалось. Только через несколько лет, в процессе разработки инструкции по ФСА для Минхимнефтемаша во время обсуждений между Б. Злотиным и А. Зусман было найдено объяснение странному феномену, который мы назвали "сверхскоростное обучение" или "сверхобучение".

Первоначально "сверхобучение" включало 2 составляющие:

- Наличие стандартного, отработанного на практике вопросника с набором наиболее важных вопросов, позволяющих быстро и всесторонне собрать информацию о системе, необходимую даже не столько для решения задач, сколько для понимания системы и проблемы

- Наличие в голове ТРИЗ-специалиста хорошо организованной структуры знаний (фреймов³⁹ знаний или ТРИЗ-фреймов), основанной в основном на законах развития технических систем (идеальность, противоречия, динамичность, согласование, ресурсы и т.п.). По мере получения информации о новой системе, специалист почти автоматически "раскладывает" ее по полочкам – фреймам или некоторым группам фреймов", что дает важные новые эффекты:
 - Быстрое понимание информации, ее связывание с другой информацией и, в силу этого, хорошее сознательное запоминание
 - Возможность сразу увидеть важные задачи и проблемы, имеющиеся в системе – они всегда связаны с каким-то нарушением закономерностей развития, например, появлением противоречий
 - Возможность оценить достоверность полученной информации и, если необходимо, провести ее дополнительную верификацию, сформулировать новые вопросы и т.п.
 - Возможность выявить (внутри своих фреймов) хорошие аналогии и довольно часто на их основе уже на этом этапе найти какие-то решения⁴⁰.

В дальнейшем, по мере развития ТРИЗ к этому набору техник "сверхробучения" добавились:

- Типовые схемы сбора информации (похожие, но не одинаковые для разных типов проблем)
- Техника И-поиска информации (см. ниже)
- Техника причинно-следственного анализа сложных систем
- Техника "диверсионного анализа"

Типовая схема сбора информации для эволюционного анализа

Анализ эволюции системы проводится, как правило, для прогнозирования ее развития и/или для решения некоторых достаточно серьезных проблем, которые не решаются обычными способами. При этом на каждом шаге анализа проводится работа по поиску новых идей, все идеи документируются, чтобы потом на их базе построить прогноз развития системы.

Большинство систем, эволюцию которых приходится изучать, весьма сложны, могут включать биологические, технические и социальные элементы, а сложная система есть система, знание о которой принципиально неполно. Это вытекает из общих

³⁹ Фрейм — (англ. frame — «каркас» или «рамка») — способ представления знаний. Фрейм — это некоторая модель, абстрагированное описание сущности какого-либо объекта, явления, события, ситуации, процесса. Разные фреймы сложным образом связаны друг с другом, образуя группы разного иерархического уровня в сетевой структуре знания. Множество обратных связей облегчает поиск нужной информации в этой фреймовой структуре и делает ее "живой", способной адаптироваться к изменениям, а также порождать иногда новые результаты, идеи, концепции благодаря "столкновению" разных знаний.

⁴⁰ Интересно, что такая техника работы часто позволяет давать некоторые решения задач прямо в процессе ознакомления с информацией, что создает у присутствующих ложное ощущение, что ТРИЗ вообще не используется, а просто есть " гениальный изобретатель". На самом деле, это именно ТРИЗ, ушедший на уровень подсознательного применения, как уходит на этот уровень техника вожделения у хорошего шофера или техника нанесения ударов у мастера бокса.

свойств нелинейных систем, которые мы рассмотрим в следующей главе книги. Это также означает, что любая система становится сложной, если ее рассматривать достаточно глубоко.

Пример. Очень прост винтик с гайкой. Но если исследовать их поведение при сложных условиях нагружения, с учетом вандерваальсовых сил, квантовых эффектов... Работа на соискание Нобелевской премии...

Мы привыкли к неполноте знаний и не замечаем этого. В большинстве случаев бессмысленно пытаться получить об объекте больше знаний, чем нужно для достижения определенной цели – использовать это объект или улучшить его или защититься от него и т.п. Нередко излишние знания - вредный информационный шум. «Многие знания – многие печали⁴¹». Но здесь есть проблема.

У многих людей, в том числе ученых и инженеров существуют иллюзия, особенно усиленная сегодня за счет Интернет, что любая нужная информация уже существует и может быть найдена, если хорошо поискать. На самом деле, в мире существует огромная масса информации, часто повторяющейся, нередко - противоречивой или вообще ложной, но в большинстве случаев весьма поверхностной, достаточно полезной для пользователя или производителя продукта, когда все идет по плану. Но как только в системе возникает какой-то сбой, или новатор пытается идти вперед, информации становится недостаточно и ее качество критически падает.

За более чем 30 лет практической работы авторами было обнаружено, что при попытках усовершенствовать любое изделие, устранить проблему и т.п. практически всегда обнаруживаются ранее не рассматривавшиеся особенности, подробности, новые возможности и идеи, формируется новое понимание системы и процессов в ней. Именно эти «элементы неизвестности» чаще всего являются одновременно и причиной возникновения задач и эволюционным ресурсом для их решения и/или развития системы.

Иными словами, в каждом проекте есть некоторая неопределенность, возможны неожиданности, наиболее частый источник которых - различные кризисные явления, например, накопление усталостных напряжений и поломка, ошибочные действия людей, непредвиденное взаимодействие с другими системами и т.п. В последние годы получила большое развитие теория нечетких знаний, которая позволяет достаточно уверенно оперировать в таких ситуациях.

В разных режимах использования к информации предъявляются разные требования:

- Если информация нужна для воспроизведения каких-то результатов или обеспечения эффективной совместной работы, она должна быть как можно более детальной и однозначной, не допускающей ошибочных действий и непонимания. Здесь очень полезны четко определенные специальные термины, математические формулы, таблицы и т.п. Но нередко при этом не имеет особого значения реальное понимание механизмов протекающих процессов.
- При сборе информации для решения творческих задач и прогнозирования главная цель – добиться понимания информации, то есть возможности

⁴¹ Книга Экклезиаст 1:17,18.

увидеть реальные причинно-следственные связи, которые обеспечивают функционирование системы, ее реакции на те или иные воздействия и т.п. То есть понимание есть знание «механизмов действия» системы. Причем для творчества, как правило, наиболее полезно понимание на очень простом, «житейском» уровне, доступном даже детям, а некоторая нечеткость знаний скорее полезна, чем вредна, оставляя место для творческих поисков. Точные определения и строгие термины, математические формулы, детальные таблицы и т.п. очень полезные для воспроизводства результатов в большинстве случаев вредны для творчества. Из-за этого при практической изобретательской работе часто возникает несколько парадоксальная проблема «излишней научности» и «излишней детальности» информации, а иногда и трудности во взаимодействии с экспертами, которым вопросы и выводы ТРИЗ-специалиста кажутся какими-то "детскими", недостаточно серьезными⁴².

Приведенная ниже схема сбора информации суммирует опыт работ авторов в области изучения законов эволюции. Она описывает основные шаги полномасштабной работы, опирающейся на разработанный специально для этой цели программный продукт «Директед Эволюшен». При выполнении многих практических проектов и теоретических исследований такой глубокий и трудоемкий анализ не нужен, поэтому некоторые разделы и шаги в конкретных работах могут пропускаться. Например, при анализе природных систем будут ненужными многие вопросы, связанные с искусственной природой технических систем.

1. Сбор стартовой информации

- 1.1. Имя системы
- 1.2. Цели системы
- 1.3. Какие потребности и желания людей система удовлетворяет
- 1.4. Структура системы,
 - 1.4.1. 2 – 3 иерархических уровня для наиболее важных подсистем
 - 1.4.2. Надсистемы, в которые данная система входит
 - 1.4.3. Основные системы и элементы, входящие в окружение данной системы
- 1.5. Функционирование системы
 - 1.5.1. Главные функции (одна или более)
 - 1.5.2. Второстепенные функции
 - 1.5.3. Наиболее важные вспомогательные функции
 - 1.5.4. Фан-функции
 - 1.5.5. Входы в систему и выходы из системы
 - 1.5.6. Процессы в системе – целенаправленные и случайные
- 1.6. Ресурсы системы
 - 1.6.1. Готовые ресурсы
 - 1.6.2. Производные ресурсы
 - 1.6.3. Эволюционные ресурсы
- 1.7. Вредные функции или эффекты, связанные с данной системой
 - 1.7.1. Основные проблемы, решенные в процессе развития, и пути их решения

⁴² Против этого лучшее средство – обзорный (4 – 8 часов) курс ТРИЗ, который мы даем участникам рабочих групп. Такой "входной курс" не делает их ТРИЗ специалистами, но существенно повышает эффективность работы группы.

- 1.7.2. Нерешенные проблемы
- 1.7.3. Неудачные попытки решения проблем и причины неудач
- 1.7.4. Механизмы, порождающие проблемы (часто на этот вопрос ответа нет)
- 1.7.5. Последствия того, что проблемы не решены
- 1.7.6. Другие системы, в которых существуют аналогичные проблемы, и пути их решения

2. История эволюции системы

- 2.1. Известные тенденции развития в данной области и их смена в процессе эволюции
- 2.2. Влияние других систем на развитие данной системы
- 2.3. Условия рождения системы, ранние прототипы и варианты
- 2.4. Основные шаги эволюции системы и наиболее важные эволюционные события
- 2.5. Эволюция структуры системы
- 2.6. Эволюция функционирования системы
- 2.7. Эволюция применений и рынка системы
- 2.8. Движущие и тормозящие эволюцию силы на разных этапах развития
- 2.9. Эволюция ресурсов и ограничений на разных этапах развития системы
- 2.10. Основные противоречия в эволюции системы
- 2.11. Известные системы "следующей генерации" и/или системы – потенциальные "гробовщики" данной
- 2.12. Возможности развития системы по пути гибридизации

3. Эволюция ассоциированных систем

- 3.1. Эволюция основных надсистем и ее влияние на данную систему
- 3.2. Эволюция окружения системы
- 3.3. Эволюция более или менее аналогичных систем в других областях
- 3.4. Эволюция систем с альтернативными Главными функциями.

Поиск информации

Любой информационный поиск базируется на некоторых исходных положениях, которые можно назвать "моделью поиска" или "поисковая модель". На базе этой модели формулируются поисковые запросы, чаще всего в виде наборов ключевых слов. Проблема в том, что в большинстве случаев это – достаточно случайная модель, основанная на слабо структурированных, не интегрированных и часто необоснованных представлениях о том, что именно нужно найти. Это проявляется в попытках поиска по ключевым словам, которые кажутся подходящими, но вовсе не обязательно действительно подходят.

Например, ищется решение задачи о раскалывании алмазов с трещинами. Напрашивающиеся ключевые слова – кристалл, алмаз, твердость, трещина, раскалывание и т.п. Они не создают некоторой системы – как описание ландшафта плохого литератора описывает детали и не дает "единого видения". А у хорошего литератора нарисованная им картина сама встает перед глазами читателя.

В истории предпринималось немало попыток улучшения поиска.

Семантический поиск

Семантический поиск, включает две основные составляющие:

- Выбор слов для поиска из некоторого имеющегося материала статистическими методами (составление некоторой семантической выборки или "семантического портрета" материала)
- Дополнение поиска словами, которые связаны с исходными ключевыми словами по тем или иным формальным признакам

К сожалению, этот путь пока практически безуспешен. Проблема в том, что подбор слов сильно зависит от тезауруса авторов информации – если статья написана человеком, для которого данный язык не родной, или была переведена с другого языка – семантический "портрет" материала будет искажен, и результаты поиска будут неадекватными.

Функциональный подход к поиску

Функциональный подход к поиску основан на 2 парадигмах:

- Поиск ведется не по внешним признакам, структуре или характеристикам системы, а по выполняемым ею функциям
- Поиск ведется преимущественно по ведущей отрасли для данной функции, то есть отрасли, где данная функция предположительно выполняется наилучшим образом.

Первоначально такой подход был развит Л. Майлзом в рамках функционального анализа систем при создании ФСА (Value Engineering). Здесь наиболее критичным является выбор области поиска. Майлз направлял поиск на отыскание наиболее дешевых методов выполнения функции, то есть предлагал включать в зону поиска те области, где данная функция входит в товары массового производства. Но это было эффективно в основном только для снижения стоимости изделий, к чему на первом этапе сводилась вся работа по ФСА.

Мы упоминали выше, что при внедрении системы ФСА в объединении "Электросила" с самого начала активно применялся ТРИЗ. Довольно быстро группа ФСА кроме снижения стоимости начала решать задачи повышения качества, снижения брака, улучшения параметров изделий, повышения эффективности технологий и даже управления и логистики. При этом стало очевидно, что нужно проводить функциональный поиск, ориентированный не на самые дешевые, а на наиболее функционально эффективные варианты.

По мере взаимопроникновения ТРИЗ и ФСА, на базе рекомендаций Альтшуллера по выбору конфликтов в АРИЗ, как-то естественно возникли идеи поиска в ведущей по данной функции отрасли техники, то есть там, где она выполняется наилучшим образом⁴³. Однако, такой подход подразумевает хотя бы некоторый предварительный анализ – какие функции система выполняет, какова их значимость, в какой отрасли данные функции выполняются наилучшим образом (для разных функций могут быть разные области).

⁴³ Очень часто такие варианты находились на самом заводе, в других цехах или подразделениях. Для многих продуктов "лидирующей областью" оказывалось военное производство.

Однако, вскоре стали очевидны новые проблемы, например, оказался очень нетривиальным вопрос - что является ведущей отраслью для той или иной функции и до какой степени решения и идеи из этой области пригодны к переносу. Оказалось, что нередко некоторая функция наилучшим образом выполняется в отрасли, которая не является ведущей⁴⁴. Кроме того, оказалось, что во многих случаях ведущая область связана с высокоразвитыми, сильно "дожатыми", "загнанными на 3 этап S-кривой" и очень дорогими системами. По этим причинам идеи, в них реализованные, далеко не всегда пригодны для переноса в другие области. Грубо говоря, эти системы в процессе развития в значительной степени утратили свои "свободные валентности", необходимые для приспособления к новой области ресурсы изменчивости и способность к адаптации, которые есть у более простых систем.

Одним из способов обхода этого затруднения оказалась методика "шага назад в эволюции", разработанная в Ideation. Она предусматривает после выбора ведущей отрасли рассмотрение не ее "высших достижений", а отход назад в истории развития на одну – несколько генераций, что позволяет получить прекрасных "кандидатов для переноса идей".

Например, сегодня в авиационной промышленности ведущее направление – создание разного вида и размера дронов – беспилотных летательных аппаратов. При этом активно используются идеи, созданные в авиационной промышленности еще в начале и середине 20 века.

Поиск по "портрету"

В середине восьмидесятых годов И. Митрофановым, Ю. Саломатовым и С. Литвиным была предложена система поиска физических эффектов для изобретательства, сутью которой было формирование "портрета эффекта" (физического, химического, геометрического, биологического и т.п.), который нужен для решения задачи. "Портрет эффекта" строился на базе анализа задачи по АРИЗ. По этому "портрету" проводился поиск такого эффекта или сочетания эффектов, которые могли бы обеспечить получение нужной функции, то есть нужный выход при наличии доступного (желательно, имеющегося в ресурсах) входа. .

Сетевой поиск

С развитием Интернет и появлением доступных специальных баз информации (как, например, патентный портал "Делфион" или система Гугл-патент) стал возможен быстрый и очень эффективный поиск по информационным сетям. Главная проблема при проведении поиска в интересующей нас области эволюционных явлений – отсутствие четко установленной терминологии, по которой можно было бы найти нужную информацию. Но зато быстрота поиска с помощью поисковых машин позволяет просмотреть множество разных запросов и реализовать нечто типа метода "последовательных приближений".

Мы начинаем поиск с наиболее популярных источников, типа Википедии, чаще всего это не позволяет найти именно то, что ищется, но дает некоторое к нему

⁴⁴ В одной из работ авторов по решению задачи для космической индустрии "сработал" перенос из строительной области. Решения, известные в строительстве около 100 лет, оказались совершенно новыми для "космонавтов".

приближение, что-то более или менее похожее. Это позволяет уточнить поисковые запросы. Такой цикл поиск - уточнение может проходить много раз позволяя найти полезную информацию.

Авторы родились в России и за 18 лет жизни в Америке неплохо овладели английским языком. Довольно неожиданно это оказалось большим преимуществом именно в области проведения поисков: сочетание русскоязычной и англоязычной информации, переходы при поиске с одного языка на другой оказались очень продуктивными.

Еще одной очень приятной особенностью сетевого поиска стало явление серендипити⁴⁵. Часто при таком поиске находят нетривиальные подходы, необычные точки зрения, неожиданная полезная информация, появляются новые идеи и т.п.

И-поиск

В семидесятых годах в ТРИЗ среде было распространено очевидное представление, что перед тем, как начинать решение любой задачи с помощью ТРИЗ, нужно провести патентный поиск, чтобы "не изобретать велосипед". Но когда Б. Злотин начал работать как профессиональный решатель и преподаватель ФСА/ТРИЗ в Институте Повышения Квалификации (ИПК) Электротехнической промышленности, это перестало быть очевидным из-за двух факторов:

- Патентный поиск занимал во много раз больше времени, чем просто решение задачи, и очень часто был попросту не нужен; для ФСА важно было, чтобы "идея работала", это по патентам не проверишь, а подача заявок на изобретения в большинстве случаев не имела особого смысла
- Оказалось, что многие люди, приезжающие для обучения по ФСА/ТРИЗ в ИПК, жили в городах и работали на заводах, где не было патентных фондов. Для них патентный поиск был невозможен, а проводить ФСА они были обязаны.

Поэтому появилась простая идея, суть которой: "сперва решение, а потом (если понадобится) – поиск". В дальнейшем это развилось в поисковую систему, которая была названа "И-поиск"⁴⁶, включающую ряд итеративных шагов:

- Сбор минимальной информации, достаточной для начального понимания системы и/или проблемы. Обычно это не сложно, когда работаешь с группой специалистов и, тем более, сегодня, при наличии Интернета
- На базе исходной (часто недостаточной) информации выявляются возможные задачи. Этому очень помогает наличие общих представлений об эволюции и описанных выше "ТРИЗ фреймов"
- Проводится решение выявленных задач с помощью ТРИЗ, без излишнего углубления в детали, но с рассмотрением альтернатив

⁴⁵ [Серендипити](#) (serendipity) – способность находить то, чего не искал намеренно. В словаре The American Heritage Dictionary of the English Language слово серендипити имеет 3 значения:

1. Способность делать удачные открытия «по случаю»;
2. Факт или возникновение такого открытия;
3. Состояние в момент совершения такого открытия.

⁴⁶ И-поиск или "изобретательский поиск" - перевод названия методики, которая получила название на английском Ideation search (I-search)

- Проводится предварительная верификация полученных решений и выявляются недостающая информация и возможные вторичные задачи
- Проводится цикл работы по решению вторичных задач
- На базе полученных решений проводится углубленный поиск информации
- Проводится следующий цикл решения и, если нужно, опять уточняющий поиск и т.п.

Более 20 лет применение этой методологии показали, что:

- "И-поиск" во много раз сокращает время, необходимое для сбора информации для решения задач за счет перехода из "пространства возможных проблем" в "пространство возможных решений"
- Качество собранной таким образом информации оказывается лучше, за счет резкого уменьшения "информационного шума"
- Попытки поиска решения задач на ранних стадиях работы позволяют как бы "попробовать проблему на ощупь", что дает хорошее "чувство системы" или "чувство проблемы", обостряет творческое воображение и интуицию
- При коллективной работе эти попытки решения способствуют созданию в группе единого настроя, повышают доверие к ТРИЗ методам и ведущему, что во многом определяет успех дальнейшей работы.

Использование аналогий

Аналогия – древнейший механизм понимания

Один из древнейших механизмов формирования понимания, "работающий", по-видимому, со времен появления человека, - механизм использования аналогий, аналогового мышления.

Аналогия – сходство, похожесть, близость между двумя разными объектами, проблемами или ситуациями, например, между сердцем, перекачивающим кровь, и водяным насосом. Схожесть разных систем часто приводит к схожести возникающих в них проблем и решений этих проблем. Зная, как была решена некоторая проблема в одной системе, можно по аналогии найти решение близкой проблемы в другой системе. С детства у человека стихийно накапливается некоторый "банк аналогий", помогающий ему решать проблемы, встающие перед ним. Этот банк может пополняться целенаправленно, путем обучения и тренинга.

Во всех человеческих языках имеется метод использования аналогий – метафоры.

"Открылась бездна, звезд полна
Звездам нет счета, бездне – дна"

Хотите - буду от мяса бешеный
- и, как небо, меняя тона
- хотите - буду безукоризненно нежный,
не мужчина, а - облако в штанах!

При этом важнейшим инструментом построения понимания является предлог "как" - "как небо, меняя тона".

В истории наиболее типичным инструментом использования аналогий были разного рода притчи, поясняющие какие-то положения, например, священных книг или обычаев. Типа библейской притчи о побивании камнями блудницы. Инструментом использования аналогий также являются анекдоты, как в их с историческом значении (реальные поучительные истории), так и в их сегодняшнем понимании. Аналогичный инструмент - прецедентное право, широко распространенное в англо-саксонской юриспруденции.

В науке существуют некоторые способы целенаправленного и обоснованного использования аналогий, например, теория подобия позволяет установить аналогию (подобие) между системами, имеющими разные размеры, скорости действия, конструкцию и т.п. В науке и технике широко применяется математический метод конформных отображений; суть его заключается в преобразованиях геометрических фигур, при которых бесконечно малые части одной фигуры отображаются в подобные (аналогичные) им же части другой фигуры.

В одном из проектов мы столкнулись с проблемой: нужно было создать небольшую, но адекватную для целей исследования модель очень крупного объекта, но, из-за сильной нелинейности системы, при изменении размеров нарушались условия подобия. Решение было найдено в изготовлении модели, форма которой была искажена таким образом, чтобы путем конформного преобразования можно было бы пересчитать результаты испытаний на объект большого размера.

В изобретательстве целенаправленное применение аналогий используется в разработанной В. Дж. Гордоном (William J.J. Gordon) в 1961 году методике "синектика" (synectics), развивающей метод мозгового штурма. Синекторы применяют четыре вида аналогий:

- **Прямая аналогия** - рассматриваемый объект сравнивается с более или менее похожим объектом в природе или технике.
- **Символическая аналогия** требует в парадоксальной форме сформулировать фразу, буквально в двух словах отражающую суть явления. По сути дела – найти хорошую, желательную парадоксальную метафору.
- **Фантастическая аналогия** требует представить как фантастические средства или персонажи могут выполнить то, что требуется по условиям задачи.
- **Личная аналогия** (эмпатия) предлагает решателю представить себя тем предметом или частью предмета, о котором идет речь в задаче, "войти в образ" этого предмета, чтобы на себе почувствовать всё, что с ним происходит, какие у него возникают неудобства или проблемы и придумать – как из этой ситуации "выкрутиться".

Аналогия широко используется (хотя и без официального признания этого факта) и в ТРИЗ. Практически все ТРИЗ инструменты – приемы и операторы решения изобретательских задач, стандарты на решение изобретательских задач, законы и линии развития, избранные примеры и т.п. по сути дела есть полезные для решения проблем и понимания эволюции аналогии.

Аналогия тесно связана с пониманием, которое часто (если не всегда) есть сведение непонятого к понятному, одних (непонятных) систем или процессов к другим, которые понятны или хотя бы кажутся понятными. Между аналогией и пониманием

существует положительная обратная связь, порождающая цепную реакцию углубления понимания, а именно:

- Аналогия способствует появлению понимания, особенно когда она относится к механизмам каких-то эффектов
- Понимание позволяет углубить и развить аналогию, найти более подходящие аналогии, лучше "построить" причинно-следственную связь и механизмы эффектов.

Техника применения аналогий

Люди, даже самые необразованные, интуитивно используют аналогии в своей жизни и работе. Но это далеко не всегда эффективно. Если объекты слишком близки между собой, то переносить особенно нечего, а если они слишком далеки – переносить идеи сложно. Здесь типичное противоречие: "Системы для переноса идей должны быть близки друг к другу для облегчения переноса и должны быть далеки друг от друга" для получения положительного эффекта.

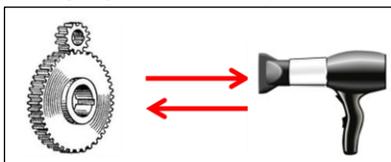
Разрешение такого противоречия возможно путем выявления "близости" по одним характеристикам и "удаленности" по другим (общий принцип разделения противоречия по условию). Например, две системы могут иметь сходные функции, но эти функции реализуются по-разному. Или системы имеют близкие структуры, но существенно отличаются по размерам, мощности и другим параметрам.

Техника применения аналогии включает набор стандартных шагов:

1. Построение простой модели изучаемой или совершенствуемой системы
2. Выбор подходящей аналогии в своей "библиотеке аналогий" и построение простой модели аналогичной системы
3. Выявление сходств и различий (ресурсов сходства и ресурсов отличия) между системами путем построения таблицы аналогий по разным чертам системы
4. Выбор идей, функций, характеристик, параметров, или других особенностей и черт системы-аналога, "интересных" для переноса на рассматриваемую систему.
5. Перенос выбранных "особенностей" от системы – аналога и их первичное "приспособление" к рассматриваемой системе, для определения принципиальной возможности такого переноса
6. Рассмотрение "перенесенной" модели, выявление несоответствий, неточностей, нарушений логики или фактов и т.п.
7. "Подгонка" модели, включая решение задач, связанных с несоответствием модели и системы
8. Перенос с модели на рассматриваемую систему не только "понимания", но и конкретных рекомендаций и решений, например, как сделать систему лучше, устранить какие-то проблемы и т.п.
9. Проверка реальности и работоспособности идей или решений, полученных в результате переноса
10. Дальнейшее углубление и развитие аналогии, подтверждение правильности аналогового переноса и т.п.
11. Абстрагирование полученных результатов, построение новой модели-аналога и добавление ее в "библиотеку аналогий".

Конечно, в большинстве случаев эти шаги выполняются без особых формальностей, иногда на уровне интуиции.

Таблица аналогий по характеристикам системы
Поиск аналогий между зубчатой парой и машинкой для сушки волос



Аналогия по разным характеристикам:	Сходные и несходные характеристики
Цели	Обе системы трансформируют энергию
Отношение людей к объекту	Технологическая подсистема – потребительский продукт
Позиция объекта на маркете	Индустриальный маркет – маркет потребительских продуктов
Принцип действия	Зубчатая пара преобразует скорость вращения, сушилка – электрическую энергию в тепло и движение воздуха
Функционирование <ul style="list-style-type: none"> • Главные функции • Вспомогательные и второстепенные функции 	Обе системы имеют вращающиеся части
Структура	Нет сходства
Форма, размеры, масштабы, скорости и т.п.	Обе системы имеют более одной детали, имеют внутренние отверстия
Вредные эффекты	Обе системы шумят в процессе работы
Проблемы	Обе системы нуждаются в снижении стоимости
Противоречия	Обе системы должны быть достаточно мощными, чтобы выполнять свои функции, и не должны быть, чтобы уменьшить вес и расход материалов
Обеспечение безопасности	Защита от разрушения вращающихся и трущихся частей
Обеспечение комфорта, роскоши	Нет сходства
Развитие в процессе эволюции	Улучшение эффективности и точности – увеличение комфорта и привлекательности
Другие параметры ⁴⁷	Обе системы греются в процессе работы

Чем больше системы имеют аналогичных черт, тем больше вероятность, что и другие их черты, например какие-то эволюционные сдвиги, могут быть аналогичными.

Из таблицы видно то, что обычно ускользает от внимания – даже между такими разными системами можно найти немало аналогий. Например, идеи, найденные для снижения шума и стоимости зубчатых пар, оказались применимы для улучшения сушилки для волос⁴⁸. Часто в результате такой работы в число аналогов входит то, что как будто бы не имело отношения к исходной системе или проблеме.

Во многих случаях удобно применять не одну, а некоторый набор аналогий, описывающий разные части или проявления процесса или системы:

⁴⁷ Аналогия может строиться по самым разным параметрам, например, физическим (жидкое, твердое, газообразное, электропроводное, прозрачное), по химическому составу, социальной роли и т.п.

⁴⁸ В нашей практической работе мы часто используем этот прием – выявляем ближние и достаточно удаленные аналоги, анализируем их и переносим полезные черты на совершенствуемую систему

"Как мышь, крадусь во мраке.
Плыву как камбала.
А нюх как у собаки,
А глаз как у орла"

Очень полезным на практике оказалось рассмотрение отличий в аналогичных системах. Если объекты почти одинаковы, большинство их параметров и характеристик совпадают, но есть некоторые отличия – как они сказываются? То есть в этом случае внимание фокусируется не на том, что создает аналогию, а на том, что ее нарушает⁴⁹. Такой подход оказался особенно полезным для выявления причин нежелательных эффектов при проведении диверсионного анализа.

На химическом заводе работали два почти одинаковых реактора, но на одном из них почему-то иногда возникали "хлопки", микровзрывы, не разрушающие оборудование, но портящие дорогостоящий продукт, причем число этих хлопков постепенно росло. На другом реакторе хлопков не было. Диверсионный анализ подсказал, что лучший способ создать искусственные хлопки - нарушить подачу одного из компонентов реакции или отвод продуктов реакции.

Чтобы понять, что может происходить, мы начали поиск "ресурса отличия", чего-то, что есть на одном реакторе, и нет на другом. Мелких отличий оказалось множество, но главное – "хлопавший" реактор был на несколько лет старше. Мы предположили, что "старость" реактора создает какие-то вредные ресурсы, и что у "молодой системы" эти ресурсы пока просто не успели появиться. Например, где-то могли возникнуть трещины и дыры или, наоборот, отложения. После того, как это было сформулировано, сразу стало понятным, что нарушить подачу компонентов реакции могли бы медленно нарастающие отложения продукта в трубах. Для проверки оказалось достаточным открыть фланец на одной из труб и тут же снять осевшие на клапане и нарушающие его работу отложения. Проблема была решена.

Широкие возможности дает также "гибридизация" аналогий и их "столкновение" друг с другом. Мудрый Козьма Прутков писал:

Раз архитектор с птичницей спознался.
И что ж? — в их детище смешались две природы:
Сын архитектора — он строить покушался,
Потомок птичницы — он строил только «куры».

Использование нескольких аналогий позволяет рассмотреть проблему с разных точек зрения, увидеть ее как бы в нескольких измерениях. Особенно интересны аналогии, противоречащие в чем-то друг другу, они помогают увидеть скрытые в системе или проблеме противоречия. Вот эпиграмма В.Гафта:

Доронина Таня - клубника в сметане
Другую такую поди, поищи
У ней в сочетаньи тончайшие грани -
Как будто Шанели накапали в щи.

В 1893 году физик Вильгельм Вин вывел закон излучения абсолютно черного тела. В 1900 году был выведен закон Рэлея – Джинса, описывающий совершенно другое распределение энергии при излучении. Причем, обе формулы были выведены совершенно правильно с точки зрения классической физики и обе только частично соответствовали экспериментальным результатам! Формула Вина неплохо описывала кривые при низких частотах, а формула Рэлея – Джинса, наоборот, при высоких. По сути дела, имелись два аналога, в чем-то близкие, в чем-то противоположные. В том же 1900 году Макс Планк разрешил противоречие между этими законами,

⁴⁹ Это очень похоже на предложенный когда-то Г.С. Альтшуллером эффективный метод "Шаг назад от ИКР"

предположив, что излучение идет не непрерывно, а определенными порциями – квантами, и вывел формулу, которая "примирила" оба закона и хорошо соответствовала экспериментам⁵⁰.

Если в результате работы появилась идея решения задачи, то ранее подобранные аналоги дают хорошую возможность проверки – если там есть аналогичные процессы – не работают ли и там найденные механизмы и если работают – то как. Нередко на аналогах это можно увидеть даже лучше, чем на исходной системе, что открывает дополнительные возможности для расширения применения прилученных решений в других областях и для других целей.

Такое часто происходит при нашей работе по изучению общих законов эволюции. Множество аналогов из разных областей позволяют выявить некоторые общие закономерности. Механизмы, выявленные в одной области, находят применение в других областях, идет целенаправленный перенос и взаимное оплодотворение разных областей.

Использование "понимательных аналогий" – сильный исследовательский инструмент, особенно полезный при поиске новых идей. Однако, возможны и ошибочные, ложные или слишком "слабые" аналогии. Иногда это связано с психологической инерцией. Главное при использовании аналогий – относиться к ним критически, не принимать аналогию за доказательство.

Причинно-следственный анализ

Обычно люди, исследуя какое-то событие (происшествие, явление, эффект и т.п.) стремятся проследить цепочку причинно-следственных связей:

- Причина
- Вызванное причиной действие
- Результаты первичного действия
 - Реакция на действие объекта, на который оно направлено
 - Реакция на свое действие исходного объекта
 - Реакция прямая или опосредованная других объектов
- Вторичное действие, порожденное первичным, и т.д.

.....

И так шаг за шагом для всех, "включенных в работу" объектов, до получения окончательного результата этого первичного действия через несколько (иногда множество) звеньев причинно-следственной цепи.

⁵⁰ К вопросу о махизме, упомянутом выше (раздел "Описание или понимание – вот в чем вопрос"). Правоверный махист Макс Планк считал, что его великая формула – не более, чем некоторый "математический трюк". Альберт Эйнштейн, предположив, что энергия не только излучается, но и распространяется и поглощается в виде квантов, построил на этой базе в 1905 году теорию фотоэффекта (за что и получил Нобелевскую премию). Следующий научный "прорыв" совершил Нильс Бор, построив (в 1913 году) квантовую теорию атома и положив начало разработке основ квантовой механики. Планку же понадобилось 11 лет, чтобы признать, что его великое открытие – не просто "трюк", а физическая реальность.

В сложных системах может быть много отдельных причинно-следственных цепочек, так или иначе связанных друг с другом, которые создают некоторую сеть причинно-следственных связей. Такая сеть имеет особые свойства:

- От одного объекта или события к другому объекту или событию очень часто можно прийти не по одному, а по многим разным путям
- Поломка или неправильное функционирование в одном месте может отразиться или проявиться в других местах системы
- Поломку или неверное функционирование в одном месте можно исправить или компенсировать, изменяя другие части системы
- Разные части системы и разные процессы создают друг для друга ресурсы, как полезные, так и вредные, они могут как "помогать", так и "мешать" друг другу. При этом вероятность случайных вредных взаимодействий всегда выше, чем случайных полезных.
- В таких системах основным путем развития является появление внутренних регуляторных подсистем, обеспечивающих стабильность системы за счет управления ею и "самолечения".

Главной проблемой при работе с такими системами становится ограниченная способность людей отслеживать сложные связи⁵¹. Часто человек видит только одну (более заметную или интересную ему) цепочку причинно-следственных связей. При этом он не замечает или игнорирует возможность возникновения вторичных эффектов, нарушения связей, альтернативных результатов, случайностей, способных изменить систему и процессы в ней. Иногда цепочка рассуждений произвольно обрывается на том или ином звене, не рассматриваются некоторые дополнительные эффекты, удаленные последствия и т.п.⁵²

Системный подход Бастиа-Хэзлитта, описанный выше, как раз и направлен на то, чтобы учесть все возможные, а не только ожидаемые результаты каждого шага. Необходимо рассматривать весь комплекс шагов, в том числе возможные удаленные последствия и вероятные варианты "нештатного" развития ситуации. Это очень сложная работа, к которой способны только отдельные, накопившие большой опыт и развившие свою интуицию люди. Чтобы этим мог овладеть каждый человек, нужны специальные инструменты анализа.

Учет и использование множества разнотипных элементов и связей - очень старая проблема, и человечество давно нашло некоторые способы работы с нею. Лучшим из таких способов «охвата» сложных систем является их визуализация. Построение «истории в картинках», характерное для искусства древних народов, карты берегов

⁵¹ Согласно исследованиям психологов, нормальный человек способен удерживать в зоне своего внимания 7 ± 2 объекта. А в реальных системах объектов и связей во много раз больше. В результате при попытке все это «охватить в уме» внимание нарушается, случайным образом «прыгает» от объекта к объекту, преувеличивает одни и преуменьшает или просто пропускает другие элементы и связи и т.п. Цельную и объективную картину увидеть не удастся.

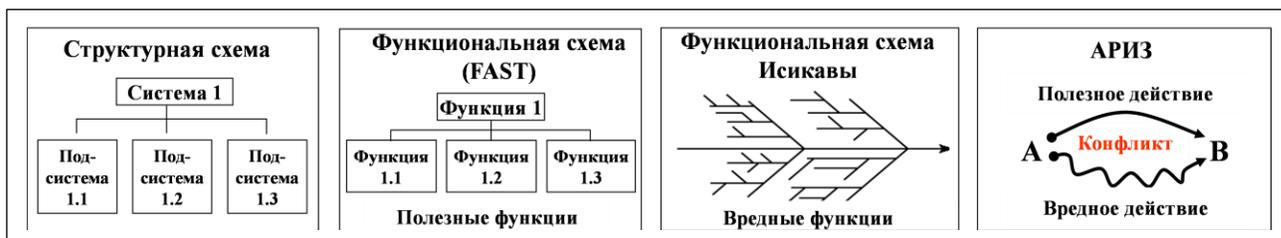
⁵² По аналогии с литературой, можно сказать, что описание сложной жизненной, технической, экономической, политической, и т.п. ситуации, похожее на роман или цикл романов (типа "Саги о Форсайтах" Голсуорси или "Человеческой комедии" Бальзака) подменяется коротким, ограниченным во времени и пространстве рассказом.

или схемы военных операций, родословные деревья и т.п. были сильнейшими инструментами развития человечества.

По-видимому, первой «визуальной схемой связей» стали иерархические рисунки – схемы, которые сегодня можно видеть на фресках Древнего Египта. Большой фараон наверху, под ним более мелкие сановники, под ними – еще более мелкие «представители народа» и т.п.

Следующий шаг развития системной визуализации очень задержался: только в шестидесятых годах 20 века ФСА Чарлз Байтвэй предложил метод функциональных диаграмм (FAST), фактически повторяющий собой типичные иерархические диаграммы. Примерно в то же время Каору Исикава предложил метод визуализации вредных эффектов и функций - диаграммы «рыбья кость».

В середине семидесятых годов Генрих Альтшуллер в рамках разработки ТРИЗ предложил при анализе сложных изобретательских задач использовать диаграммы конфликтов, в которых обычно рассматривались два или три объекта, и комбинация полезных и вредных взаимодействий между ними.



В восьмидесятых годах при проведении реальных работ по ФСА, решению изобретательских задач и прогнозу мы пользовались всеми четырьмя описанными выше диаграммами в следующей последовательности:

- Строили, следуя сборочному чертежу, структурную схему устройства, указывая связи между элементами.
- На базе структурной схемы строились две следующие диаграммы
 - Функциональная диаграмма типа FAST
 - Диаграмма Исикавы – "рыбья кость"
- Путем сравнения диаграмм Исикавы и FAST выявлялись узлы системы, в которых возникали противоречия и конфликты между полезными и вредными функциями, и строились конфликтные диаграммы Альтшуллера, которые позволяли перейти к формулированию и решению задач.

Это была очень сложная работа, так как каждый из видов диаграмм имел большой набор правил построения и анализа. Требовался серьезный тренинг, чтобы обучиться такой работе, и она всегда порождала множество ошибок, из которых особенно болезненной была потеря в процессе анализа тех или иных полезных или вредных функций.

В конце восьмидесятых годов А. Зусман предложила новую схему визуализации и анализа систем, очень простую и удобную, особенно для изобретательских проблем, близкую к естественному человеческому методу мышления.

У «человека природного» в голове нет понятий «объект», «функция», «параметр», «ограничение», «существительное», «глагол», «прилагательное» и т.п. Это все – особенности искусственного «научного» и «инженерного» мышления. Они во многих случаях очень полезны, но могут быть вредными для творческого мышления. От этих искусственных понятий мы перешли к универсальному понятию "фактор", под которым может подразумеваться функция, параметр, характеристика, условие и т.п. Главный принцип – каждый фактор оценивается по естественным для человека субъективным критериям «это хорошо» или «это плохо»⁵³. Между всеми факторами устанавливались простейшие причинные связи двух стандартных типов: некоторый фактор (объект, действие, свойство и т.п.) может производить нечто (полезное или вредное), или препятствовать чему-то.

Построение причинно-следственной сети ведется в следующем порядке:

- Человек выбирает тот или иной "стартовый" фактор, связанный с рассматриваемой проблемой, например, желательный или, наоборот, нежелательный эффект, действие, объект, характеристику и т.п.
- Этот фактор записывается на бумаге или экране компьютера и обозначается как полезный или вредный, например, цветом и/или формой.
- Для каждого фактора человек отвечает на 4 типовых вопроса:
 - Какие факторы (полезные или вредные) порождают данный?
 - Какие факторы (полезные или вредные) препятствуют данному фактору?
 - Какие факторы (полезные или вредные) порождаются данным?
 - Каким факторам (полезным или вредным) препятствует данный?
- Каждый новый фактор, появившийся в результате ответов на эти вопросы, тоже наносится на диаграмму и соединяется со "стартовым фактором" стрелками, обозначающими:
 - Производит (полезное или вредное)
 - Противодействует (полезному или вредному)
- Те же операции проводятся для каждого из новых введенных факторов

Теоретически эта система имеет проблему: не удастся сформулировать объективных критериев – когда остановить построение причинно-следственных цепей, насколько широким и глубоким должно быть описание системы. Однако на практике эта проблема легко устраняется, если:

- Следовать здравому смыслу
- Иметь возможность в процессе анализа легко добавлять и/или удалять из диаграммы те или иные факторы,
- Приобрести некоторый опыт практической работы по построению таких диаграмм.

⁵³ Наука по своим правилам и традициям стремится к объективности и традиционно опасается субъективных оценок и выводов. Но оказалось, что проблемы всегда субъективны, а «полная объективность» – путь, чреватый угнетением творческих усилий и возможностей, которые по своей природе очень субъективны. Полезность и вредность тех или иных элементов в описании определяют избирательность нашего восприятия и возможные направления работы.

Неожиданно оказалось, что такой простейшей системы вполне достаточно для описания любых сложных систем, при этом, в отличие от ранее рассмотренных типов диаграмм почти не было специальных требований или ограничений на составление схем, обучиться этому процессу оказалось очень просто. Кроме того, А. Зусман показала возможность с помощью этих диаграмм автоматически, по стандартным правилам, формулировать задачи усовершенствования системы и ее эволюционного развития.

Впервые эта методика причинно-следственного анализа была включена в опубликованный в 1991 и активно применявшийся на семинарах и в проектах Кишиневской школы АРИЗ-91 СМВА (Сценарий Машинной Версии Адаптированный для работы в ручном режиме). В 1993 году на основании идей А. Зусман группа программистов под руководством С. Малкина разработала программный модуль получивший название «проблем формулятор» (US patent No 5,581,663). Со временем этот модуль вошел во все программные продукты компании Ideation International и стал важнейшим инструментом при проведении всех наших проектов и теоретических исследований.

Проблем формулятор - система автоматического формулирования задач для решения, основанная на причинно-следственной модели изобретательской ситуации. Построение причинно-следственной модели с помощью «проблем формулятора» напоминает «рассказ» о проблеме или системе, адресованный умному ребенку. Такое моделирование похоже на существующие системы документирования ассоциаций ("mind mapping"), но, в отличие от них, позволяет эффективную компьютерную обработку введенной информации, обеспечивающую возможность использования ТРИЗ.

Наиболее важными результатами построения причинно-следственных диаграмм становятся:

- Документирование известных, выявление и добавление недостающих или неизвестных ранее причинно-следственных связей в системе
- Формирование понимания системы и ее функционирования
- Автоматическое формулирование разных наборов задач, в том числе:
 - Изобретательских задач для устранения вредных эффектов или улучшения системы
 - Задач поиска объяснений тех или иных положительных или нежелательных эффектов в системе
 - Задач предсказания возможных нежелательных эффектов
 - Задач эволюционного развития системы и управления этим развитием
 - Задач, направленных на инвалидацию, обход или защиту от инвалидации или обхода патентов
- "Связывание" сформулированных задач с некоторым набором рекомендаций (операторов или приемов), подходящих для ее решения

Работа со слишком большими диаграммами затруднительна, поэтому при анализе сложных систем применяется система диаграмм разного уровня. Так в реальном проекте по разработке принципиально нового процесса химического производства были построены следующие диаграммы:

- Общая диаграмма, описывающая главный процесс, без деталей
- Группа диаграмм, описывающая причинно-следственные связи в основных подсистемах – реакторе, кристаллизаторе, сепараторе, блоках гидрогенизации, очистки, складирования и упаковки продукта и т.п.
- Группа диаграмм, описывающая причинно-следственные связи непосредственно в химическом процессе на разных его стадиях, процессы транспортировки продуктов, процессы автоматического управления производством и т.п.

При анализе сложных систем приходится сталкиваться с интересным явлением – "вероятностным рассеянием причинности". Этот процесс можно понять по аналогии с рассеянием энергии – на каждом шаге преобразования или передачи энергии какая-то ее часть теряется и чем больше шагов преобразования, тем больше потери и тем меньше КПД системы. Так же "рассеивается" и причинность; из-за возможности действия неизвестных или непредвиденных факторов, различных флуктуаций, нарушений процессов и т.п. Точность и достоверность предсказания конечных результатов падает, вероятность желаемых результатов уменьшается, а нежелательных растет. Чем сложнее цепи, чем больше шагов "причина-следствие" они включают, тем выше неопределенность.

Так же как в энергетике можно существенно уменьшить потери путем оптимизации конструкции, можно повысить вероятность желаемого результата и понизить вероятность наступления нежелательных событий путем определенных целенаправленных действий. Но так же как в энергетике принципиально нельзя добиться 100% КПД, так и в сложных причинно-следственных цепях нельзя добиться абсолютной, 100% вероятности.

Анализ надежности причинно-следственных связей – один из важных шагов эволюционного анализа сложных систем.

В Приложении 1 приведено краткое описание системы формулирования в ручном и автоматическом режимах.

Сбор и структуризация информации с помощью заранее разработанных списков вопросов и построение картины причинно-следственных связей тесно связаны друг с другом соотношениями дополнительности. Начальная собранная информация позволяет начать построение причинно-следственной диаграммы, это построение немедленно выявляет недостаточные или недостоверные элементы информации, заставляет возвращаться к поиску, поиск позволяет дотраивать диаграмму и т.д.

Выявление закономерностей развития

В результате многолетней работы по выявлению и уточнению законов развития разных систем сложилось несколько типовых подходов к этой работе:

- Диалектический (нелинейный) анализ
- Уточнение и углубление известных законов

- Выявление закономерностей путем анализа истории реальных систем
- Выявление закономерностей путем анализа аналогий и совпадений в эволюции
- Выявление закономерностей путем анализа известных тенденций
- Выявление закономерностей путем анализа «красивых» изобретений

Диалектический (нелинейный) анализ

Авторы в молодости увлекались философией и, конечно, не могли пройти мимо диалектики Гегеля. Диалектика (с греческого - искусство спорить, вести рассуждение) есть метод познания мира, использующий анализ исследуемого объекта путем столкновения противоположных точек зрения. Гегель сформулировал три основных закона диалектики:

- Закон перехода количественных изменений в качественные
- Закон единства и борьбы противоположностей
- Закон отрицания отрицания (или спирального развития)

Диалектика привлекала нас интуитивным ощущением ее правильности и отталкивала невероятно сложным стилем изложения. Однако, работая с законами развития технических систем, мы раз за разом убеждались в ее эффективности, как для понимания развития, так и для предсказания следующих его шагов.

В середине восьмидесятых годов мы пришли к пониманию того, что эволюция имеет много общего с самоорганизацией нелинейных систем, изучаемой в нелинейной динамике и синергетике. Именно тогда возникло новое понимание гегелевской диалектики как, возможно, первого полу-интуитивного описания нелинейного мира⁵⁴.

В дальнейшем все работы авторов по выявлению и изучению закономерностей развития были тесно связаны с идеями эволюции нелинейных систем, Более подробно об этом мы расскажем в следующей главе.

Уточнение и углубление известных законов

В 1975 году Г. Альтшуллер разработал и разослал ученикам и коллегам первую систему законов развития, в которой законы разделялись на три группы:

1. Статика – законы, определяющие начало жизни технических систем
 - 1.1. Закон полноты частей системы
 - 1.2. Закон "энергетической проводимости" системы
 - 1.3. Закон согласования ритмики частей системы
2. Кинематика – законы, определяющие развитие технических систем независимо от конкретных технических и физических факторов, обуславливающих это развитие
 - 2.1. Закон увеличения степени идеальности системы
 - 2.2. Закон неравномерности развития частей системы

⁵⁴ Гегель был гением! Он прекрасно «чувствовал» закономерности нелинейного мира и пытался о них рассказать на феноменологическом уровне, не имея подходящего языка, терминов, примеров, математического аппарата - всего того, что наука «наработала» за более чем 200 лет. Попробуйте представить, что вам надо объяснить, как работает компьютер Архимеду или Ньютону, ничего не знаящим о строении вещества, электричестве, математической логике и т.п. Можно только удивляться, как много все-таки Гегелю удалось сделать!

2.3. Закон перехода в надсистему

Законы "статики" и "кинематики" универсальны - они справедливы во все времена и не только применительно к техническим системам; но и к любым системам вообще (биологическим, социальным и т. д.)

3. Динамика – законы, отражающие развитие современных технических систем под действием конкретных технических и физических факторов. "Динамика" отражает главные тенденции развития технических систем именно в наше время.

3.1. Закон перехода с макроуровня на микроуровень

3.2. Закон увеличения степени вепольности

Хотя эта структура оказалась не слишком удачной и впоследствии была радикально перестроена, она активировала работу специалистов по ТРИЗ, направленную на развитие отдельных законов и всей системы.

На базе материалов Г. Альтшуллера в январе 1976 года Б. Злотин начал вести курс «законы развития технических систем» в Народном Университете Научно Технического Творчества (НУНТТ) в Ленинграде. В течение первого года занятий был проведен анализ порядка 60 разных технических систем и сделаны прогнозы их развития, многие из которых потом подтвердились. Но самый главный результат – к концу курса накопилось несколько сотен страниц записей анализа эволюции реальных систем, с массой вопросов и новых идей по законам. Появились некоторые примеры, не подпадающие под эти законы и даже им противоречащие; в каких-то случаях казалось что законы «не работали», выявились дополнения к законам и некоторые новые закономерности, которые иногда нелегко было соотнести с уже сформулированными законами. Нужно было понять причины этих нарушений и как их устранить. Это стало важнейшим материалом для разработки новых законов, уточнения имеющихся и т.п.

Пример. В систему законов, предложенную Г. Альтшуллером, входил «закон согласования ритмов действия технических систем». При анализе истории развития огнестрельного оружия (от мушкетов до современного автоматического оружия) было выявлено, что в процессе развития постоянно происходит согласование множества разных параметров:

- Калибра, длины и веса оружия
- Величины метательного заряда с размерами и конструкцией пули
- Систем удержания оружия в руках и прицеливания
- Систем заряжания и непосредственно стрельбы
- Требований к оружию, существенных для стрельбы, рукопашного боя, транспортировки и обслуживания оружия и т.п.
- Характеристик оружия с анатомией и эргономикой человека

Далее было обнаружено, что процесс согласования между элементами и подсистемами, а также согласование системы с надсистемами по очень многим параметрам характерен для развития любых систем. В результате было предложено преобразовать «закон согласования ритмов» в общий «закон согласования в эволюции технических систем». Были также найдены многие специфические особенности процессов согласования и методы работы с этими процессами, позволяющие целенаправленно совершенствовать технические системы и прогнозировать их развитие. Были также сформулированы некоторые более узкие закономерности (под-законы или линии согласования). Позже стало ясно, что этот закон может быть распространен на любые эволюционирующие системы, включая биологические и социальные.

После 1976 года курс «Законы развития технических систем» стал регулярно преподаваться на втором курсе НУНТТ, в Институте повышения квалификации электротехнической промышленности и других учебных центрах, на ТРИЗ семинарах и т.п. Как правило, это давало множество реальных прогнозов и изобретений, а также существенные дополнения к знаниям о законах развития. Кроме того, любая работа авторов и их учеников в области ТРИЗ (решение проблем, консультации, обучение, участие в расследовании нежелательных явлений и т.п.) стала обязательно включать стадию прогноза или хотя бы экспресс-прогноза с использованием законов развития. Это обеспечило быстрое совершенствование системы законов и техники прогнозирования, основанной на них. Все выполненные прогнозы документировались; впоследствии на их базе был создан уникальный «Банк эволюционных альтернатив», который стал одним из важных инструментов для проведения Директед Эволюшен.

Вначале прогнозирование по законам развития касалось только достаточно простых технических систем, типа электрических моторов и генераторов, насосов, пылесосов, нагревателей, и т.п. С созданием Директед Эволюшен работы стали включать и очень сложные системы типа принципиально новых концепций развития крупного химического производства, энергетики, автомобилей, товаров широкого потребления и т.п. Эти работы стали включать также анализ и прогнозирование рынка и бизнеса в рассматриваемых областях. Элементы ДЕ начали применяться и для нетехнических систем, типа научных теорий, социальных организаций, медицинских методов, игр, информационных технологий, направлений в искусстве и т.п.

Статистические корреляции и поиск закономерностей

Наиболее очевидный и привычный путь поиска закономерностей – выявление статистических корреляций (иногда – без всякой математики и статистики).

Пример. Корреляция, возникшая в виде народной приметы: "Чайка ходит по песку, моряку сулит тоску, если чайка сядет в воду – штормовую жди погоду". Со временем люди находили все более сложные корреляции. Когда научились измерять атмосферное давление, выяснили, что штормы всегда происходят, когда оно резко падает. Позднее была создана теория атмосферной циркуляции, объяснившая возникновения и развития циклонов, позволившая по динамике изменения давления предсказать насколько сильным и длительным может быть данный циклон. На следующем этапе, с созданием сети метеостанций, а потом и спутников, становится возможным достаточно точно предсказывать рождение циклонов и их "поведение".

Еще пару десятилетий назад очень трудоемкая работа с корреляциями была доступна немногим людям, способным на большое собственное исследование – как Г.С. Альтшуллер, который лично исследовал тысячи изобретений для выявления приемов изобретательства. Появление Интернета и огромного количества научных публикаций изменило ситуацию. Сегодня почти в любой области знания имеется масса информации, от очень простых, вводных статей, до самых современных исследований. Причем, эти материалы часто существуют в удобном для выявления закономерностей виде изложения на "понимательном" уровне, без лишних подробностей. Современные поисковые системы могут находить корреляции автоматически по соответствующим запросам.

Пример. На Интернете есть множество публикаций по влиянию разных веществ на человеческий организм, типа кофе хорошо влияет на сердце и мышление, плохо на печень и что-то еще, есть много

хорошего и много плохого... и так о чем угодно – от капусты брокколи до сероводорода. Из этого напрашиваются некоторые обобщающие выводы:

- Практически все вещества биологического и небиологического происхождения способны влиять на все биологические системы, от клетки и органа до всего организма в целом.
- Некоторые вещества обладают повышенным биологическим влиянием, так как связаны с базовыми биологическими процессами – могут их ускорять, тормозить, менять их направление.
- На разные подсистемы организма разные вещества в разных концентрациях влияют по-разному. На некоторые подсистемы влияние более сильное, избирательное – скорее всего, потому что существует нечто вроде "резонансной связи", данный орган в работе зависит от данного биологического вещества, использует его или производит.
- Возможно использование некоторых веществ для управления жизнедеятельностью (вплоть до ее остановки) разных органов и/или организмов
- Возможно создание некоторых комплексов веществ, "заточенных" для создания вполне определенного действия на органы и организмы

Выявление закономерностей путем анализа истории реальных систем

Анализ реальной системы начинается с составления ее упрощенной, схематической истории, включающей основные «эволюционные события», то есть изменения системы, существенно повлиявшие на ее технические, маркетинговые и финансовые характеристики. К ним относятся технологических «прорывы», появление новых поколений продукта, новых применений и маркетов, кризисы, появление опасных конкурентов и т.п.

Пример. В пятидесятых годах на полицейских и других специальных автомобилях появились «мигалки», использовавшие импульсные лампы со сложными, дорогостоящими и не слишком надежными электронными блоками питания. Вскоре электронные мигалки были заменены на простые лампы с механическим вращающимся экраном. С точки зрения законов развития произошел «незаконный откат» от "высоких" технологий, работавших на микроуровне, к механическим макроуровневым технологиям. Подробное рассмотрение этого и нескольких других аналогичных примеров «отката в развитии» привело к новому пониманию развития, суть которого в том, что все части системы должны развиваться согласованно и быть на более или менее одном уровне развития. Сложная электронная система на чисто «механическом» в те времена автомобиле не имела шансов прижиться – кто будет эти системы обслуживать, ремонтировать и т.п.? А вот на самолетах, где и без того много электроники, продолжалось развитие импульсных ламп. И сегодня, когда автомобиль тоже стал сильно насыщенным электроникой, происходит частичный возврат к импульсным лампам.

Выявление закономерностей путем анализа аналогий и совпадений в эволюции

О закономерностях в развитии говорит многократное повторение близких или похожих исторических событий или процессов.

Пример. Английская буржуазная революция в середине 17 столетия, Великая Французская революция в конце 18 столетия и Октябрьская революция в России в начале 20 века, разделенные интервалами почти в полтора столетия, имели удивительно много общих черт:

- Нарастание недовольства в стране
- Общая слабость власти
- Наличие больших и влиятельных групп, враждебных правительству и претендующих на власть
- Наличие харизматического «лидера (или лидеров) разрушения старого»
- Террор против лидеров и институтов старой власти, физическое уничтожение старых лидеров
- Привлечение к революции и власти подонков⁵⁵

⁵⁵ Здесь это не ругательство, а научный термин из области этологии, обозначающий часть общества, находящуюся на самом низком иерархическом уровне, часто неудачников, бомжей, уголовников, людей с так или иначе поврежденной психологией, слабыми умственными способностями и т.п.

- Жестокая борьба между победителями
- Создание тоталитарной власти и ее быстрая бюрократизация
- Возникновение массового террора, осуществляемого новой тоталитарной властью
- Нарастание недовольства народа, крушение тоталитарного режима и реставрация прежней системы власти
- Скверный конец революционных лидеров

Нет сомнений, что столь сильное сходство в основных чертах и деталях революций говорит о наличии некоторых общих законов. Более подробно это будет рассмотрено в соответствующем разделе книги.

В развитии большинства известных систем легко увидеть некоторые типичные тенденции, например, переход от индивидуального производства к массовому в начале двадцатого века и возврат к более индивидуальному, направленному на удовлетворение специфических потребностей отдельных клиентов, во многих отраслях в конце двадцатого века. Причем на новом уровне индивидуальное производство основано на использовании и дальнейшем развитии массовых технологий. Множество типовых тенденций видно в развитии моды, искусства, медицины, бизнеса и т.п.

Большинство таких тенденций имеет ограниченный характер, их не всегда легко формализовать и использовать. Но само по себе их наличие говорит о том, что имеются некоторые закономерности и механизмы, их порождающие. Использование даже не слишком четких тенденций позволяет выявлять такие механизмы.

Пример. Очевидная тенденция - все большее проникновение разных видов пищи в питание среднего человека: широкое распространение мяса птицы в середине 20 века, постоянный рост потребления морских продуктов в конце 20 века, смешение разных национальных кухонь (западной, китайской, японской, мексиканской и т.п.). Эта тенденция действует благодаря процессам глобализации, демографическим перемещениям и улучшениям систем хранения продуктов и транспорта.

С точки зрения I-TRIZ это – типичный, хорошо изученный процесс гибридизации. Его анализ позволил выявить две новые интересные закономерности (паттерна):

- Ускоренная коэволюция двух процессов: гибридизации продукта и развития спроса на этот продукт за счет возникновения положительной обратной связи между ними. Гибридный продукт позволяет обслуживать более широкий сектор рынка – тех, кто создавал спрос на исходные продукты + новые люди, заинтересованные в гибриде. Этот рост спроса заставляет улучшать гибрид, что приводит к следующему витку роста спроса.
- Коэволюция процессов гибридизации продуктов и глобализации. Создание гибридных продуктов способствует росту глобализационных тенденций, помогая мигрантам привыкать к существованию в непривычной для них обстановке, а аборигенам «принимать новшества». Это же способствует повышению спроса на гибридные продукты и их дальнейшему развитию.

Выявление закономерностей путем анализа «красивых» изобретений»

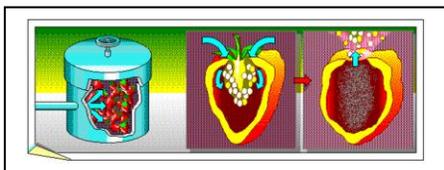
Выражение «красивое изобретение» широко применяется некоторыми инженерами и специалистами по методикам творчества⁵⁶. Обычно «красивыми» признаются новые, неожиданные, но не слишком сложные идеи, особенно когда большой эффект достигается простыми средствами, малыми изменениями исходной системы и т.п. ТРИЗ анализ показал, что «красивыми» обычно кажутся изобретения, позволяющие достичь высокой идеальности, разрешить очень жесткое противоречие, использовать новый, ранее не рассматривавшийся и не очевидный ресурс, создать новую

⁵⁶ Довольно трудно дать определение что это такое. Но не менее трудно дать и определение красоты в других областях.

функцию, удовлетворить новую потребность и т.п. То есть красивые изобретения, эффективно использующие те или иные законы развития, и/или их комбинации, что позволяет использовать «красивые изобретения» при поиске новых закономерностей.

Выявление красивого изобретения чаще всего происходит более или менее случайно, в результате чтения статей в технических или популярных журналах, просмотра патентов или сбора информации при проведении проектов и консультаций, а его изучение с точки зрения ТРИЗ может позволить выявить нечто новое.

Пример. В статье в журнале «Изобретатель и рационализатор» была описана установка для очистки



сладкого перца от семян. Суть идеи была в том, что большое количество стручков помещается в герметизируемый сосуд, в котором медленно повышается давление воздуха. При этом воздух проникает внутрь перца через поры. Потом давление резко сбрасывается. «Запертый» внутри перца воздух при падении внешнего давления разрывает плод, и семена выбрасываются наружу.

Более абстрагировано суть изобретения – использование асимметрии эффектов, возникающей при медленном подъеме и быстром сбросе давления. Целенаправленный поиск позволил найти более 10 аналогичных изобретений. Среди них: способ очистки семян подсолнечника от кожуры; способ очистки пористого фильтра от забившего поры песка; способ раскалывания искусственных алмазов с микротрещинами, способ получения сахарной пудры из кускового сахара, и т.п. В последующие годы было найдено еще более сотни аналогичных решений.

С точки зрения ТРИЗ мы видим несколько аналогий в имеющихся законах:

- Реализация идеальности – семена сами удаляются из плода
- Рассогласование действий во времени – медленное повышение давления и резкий сброс его
- Переход на микроуровень - от механического воздействия к аэродинамическому, замена ножа (или другого механического инструмента для вскрытия перца и удаления семян) на поток воздуха

Именно высокая идеальность и комбинация нескольких сильных шагов в развитии по законам делает это изобретение красивым.

В абстрактном виде изобретение может быть сформулировано следующим образом:

Если нужно сломать, вскрыть или очистить некоторый объект, содержащий труднодоступные полости или поры, нужно медленно поднять давление газа, так чтобы давление в полостях и снаружи выровнялось и потом быстро сбросить наружное давление. Сжимаемая среда, стремясь вырваться из полостей, создаст необходимые силы.

Этот принцип был целенаправленно использован авторами в нескольких проектах. Например, был разработан способ очистки подшипников от промасленной упаковочной бумаги, в которую они завертываются перед транспортировкой.

На базе этого принципа были введены некоторые дополнения в законы повышения идеальности, повышения динамичности, согласования и рассогласования и в принципы разрешения противоречий.

Выявление закономерностей путем анализа ресурсов

Ресурсы - средства, позволяющие непосредственно или после определенных преобразований получить желаемый результат. Обычные вещества, поля и т.п. превращаются в ресурсы благодаря знанию о том, как их использовать, или творческим решениям. Наиболее типичные видов ресурсов:

- Экзистенциальные ресурсы⁵⁷, необходимые для существования и функционирования систем, в том числе:
 - Вещества, включая материалы самой системы и любые вещества, входящие или выходящие из нее.
 - Поля или любая энергия из самой системы или ее окружения, например, механическая, тепловая, электромагнитная, химическая, психическая, социальная и т.п.
 - Перепады, градиенты тех или иных параметров системы и/или среды – температуры, давления, концентрации веществ, напряжения и т.п.
 - Связи между элементами системы или с другими системами, окружением и т.п., включая связи между людьми
 - Информация, распространяющаяся в самой системе, получаемая из окружения или передаваемая ему
 - Пространство как внутри системы, так и вне ее
 - Время каких-то действий, до них или после них
 - Функции, выполняемые системой или ее подсистемами, а также окружающими системами
 - Потоки веществ, энергии, денег, информации и т.п.
 - Системы, окружающие данную, включая природные, социальные, технические и т.п.
- Эволюционные ресурсы - знания, навыки, способности к творчеству и методики творчества, обеспечивающие процесс развития, то есть повышение идеальности существующих и появление новых систем, превращение «не ресурсов» в ресурсы, в том числе:
 - Системные эффекты, возникающие благодаря объединению элементов в систему
 - Эволюционная информация, которая в живой природе передается в виде генов, а в искусственных системах – в виде человеческих знаний
 - Различные технологии, обеспечивающие реализацию тех или иных функций

Главные правила работы с ресурсами:

- Любое изменение в системе возможно благодаря тому, что для этого имеются нужные ресурсы
- Любое изменение системы способно породить некоторые новые ресурсы, часто – неожиданные.

При сборе информации о системе проводится документирование и "паспортизация" имеющихся ресурсов, и "анти-ресурсов" – ограничений или запретов, начиная от законов природы и кончая законами и обычаями общества так или иначе ограничивающих возможности развития. Эта работа облегчает построение причинно-следственных связей и отыскание механизмов разных эффектов

Наиболее неочевидна роль ресурсов в социальной эволюции.

Например, кажущееся совершенно очевидным мнение о том, что богатство страны зависит от наличия у нее природных ресурсов, размеров территории, количества населения и т.п. полностью опровергнуто историей. Расположенные в почти бесплодных полупустынях древние Карфаген,

⁵⁷ От английского existence - существование; наличие

Иерусалим и древнегреческие города, разбросанные по островкам с каменистой и неплодородной почвой, процветали. Обделенные природными ресурсами Голландия в 16 - 17 веках и Англия в 19 веке, Япония, Сингапур, Южная Корея и Тайвань во второй половине 20 века – богатейшие государства. А Конго, Ангола, Бразилия, Иран, да и Россия - бедные страны при изобилии природных ресурсов и огромной территории.

Объяснить это можно, введя понятие двух разных типов ресурсов:

- Низшие или первичные ресурсы - природные богатства типа нефти, угля, руд, других минеральных запасов, территории, земли, леса и т.п.
- Высшие ресурсы - знания, творчество, готовность людей много и добросовестно работать, их инициатива, основанная на рыночной мотивации и т.п.

Высшие ресурсы позволяют эффективно использовать низшие, и создают новые ресурсы. Например, для дикаря богатая ураном руда не является ресурсом - он не знает, как ее использовать. При отсутствии высших ресурсов наличие низших не делает страну богатой.

Другое типичное заблуждение, ставшее лозунгом экологических экстремистов разного типа – неизбежность исчерпания природных ресурсов. Это тоже не подтверждается историей.

По мере развития цивилизации люди находят все более и более эффективные способы добычи и использования ресурсов, открывают или создают новые ресурсы. За тысячи лет технологической революции мы видим не исчерпание, а, наоборот, умножение ресурсов за счет улучшения организации работы, изобретений и научных открытий:

- Постоянно открываются новые полезные ископаемые, месторождения, источники энергии и т.п. Только в 19 и 20 веках люди стали использовать нефть, алюминий, пластики, кремний, ядерную энергию. В последние годы был создан способ экономичной добычи сланцевого газа, сразу сделавшее пустыми все разговоры о недостатке энергии в обозримом будущем.
- За счет новых технологий снижается стоимость и трудозатраты получения ресурсов (добыча нефти с глубин километров сегодня дешевле, чем столетие назад с десятка метров), становится возможным использовать ранее недоступные области, как дно океана, Арктика, горные районы и т.п.
- Резко уменьшается расход ресурсов для получения тех же результатов - конструкции становятся легче, растет количество миль на литр горючего и т.п.
- Появляются методы безотходного или малоотходного производства, эффективной переработки и вторичного использования отходов и т.п.
- Возникают эффективные методы восстановления ресурсов - повышение урожайности почв с ростом агрокультуры, замкнутые технологии в индустрии и т.п.

Нет никаких оснований думать, что этот процесс роста ресурсов почему-то может внезапно остановиться. **Технологии сами становятся лекарством от болезней, ими же порожденными.** Однако страх исчерпания ресурсов, опирающийся на неверие в возможности человеческого разума - серьезная опасность. Для многих он становится определяющим фактором отрицательного отношения к новшествам.

Переход от использования первичных (природных ресурсов) к искусственным ресурсам, созданным интеллектом и трудом человека, не прост и не легок. Для этого нужен очень серьезный кризис, ситуация, когда другого выхода просто нет. И нужна свобода бизнеса и предпринимательства, обеспечивающая возможность использовать интеллект каждого.

Недостаток природных ресурсов стал одной из главных причин поражения Германии и Японии во Второй Мировой войне. Он же, вместе с обретенной в результате поражения демократией и свободой предпринимательства, стал секретом «Немецкого экономического чуда», «Японского», «Корейского», «Сингапурского», «Чилийского» и прочих аналогичных чудес. И наоборот, возможность экстенсивного развития за счет эксплуатации природных ресурсов и трудности в развитии бизнесов является источником бедности многих богатых природными ресурсами стран.

Выявление закономерностей путем анализа выполненных проектов

Одним из важнейших источников выявления новых закономерностей развития оказалась практическая работа над проектами. Каждый раз, когда в проекте обнаруживаются отклонения от «теоретических моделей развития», необходимо выявить причины этого и, если возможно, найти, как это использовать для практики и/или для развития теории. Часто помогают развивать теорию также некоторые более или менее случайные «находки», которые возникают в процессе работы.

Пример. Проводился проект по повышению надежности тяжело нагруженных подшипников скольжения для мощных электрических генераторов. Для выявления причин выхода подшипников из строя была использована методика решения научных задач, описанная ниже. С ее помощью были выявлены, в частности, факторы, разрушающие смазку:

- Высокие тангенциальные напряжения в сочетании с постоянным изменением толщины слоя из-за асимметрии зазора и вибраций в тонком и достаточно вязком слое
- Возникновение в зазоре кавитационных явлений, порождающих очень большие локальные температуры и давления и вводящие в жидкость микро и наночастицы материала подшипников, способные при таких размерах играть роль катализаторов
- Воздействие микропузырьков газов, «захваченных» жидкостью
- Электрические токи и микроразряды, возникающие из-за электризации трением, которые в свою очередь способны порождать локальные пики температуры и давления, ультрафиолетовое и тормозное рентгеновское излучение, появление ионизированных молекул и высокоактивных радикалов, процессы распада, синтеза и полимеризации и т.п.
- Действие магнитного поля генератора, частично проникающего в зону подшипников на электрические токи, микроразряды, движение ионов в жидкости и т.п.

В результате этой работы, кроме мер по повышению надежности подшипников была разработана идея принципиально нового типа химического реактора, «реактор жидкостного трения» для проведения некоторых реакций, которые невозможно или затруднительно получать в обычных реакторах.

Анализ этой работы с точки зрения выявления закономерностей показал, что очень многие «механизмы вредных эффектов», которые обнаруживаются в процессе выполнения ТРИЗ проектов, после того, как они поняты и подтверждены, могут быть использованы для получения каких-то полезных функций, обеспечить «превращение вреда в пользу». С тех пор этот прием стал одним из важных элементов методологии Директед Эволюшен.

Выявление закономерностей на базе личного опыта

Каждый человек в жизни сталкивается с множеством самых разных ситуаций, как в профессиональной деятельности, так и в других областях – социальной жизни, личном общении, образовании, играх, в книгах, кинофильмах, рассказах других людей и т.п. Осмысление этих ситуаций зачастую помогает увидеть и понять многие закономерности. Для использования такого подхода очень важна запись и обсуждение мыслей и даже малых идей, наблюдений. Мы (авторы) посвящаем утренние часовые прогулки обсуждению заранее заданных или случайно возникших

тем и проблем с обязательной записью всего интересного на магнитофон. Потом все записи обязательно распечатываются, зачастую снова обсуждаются и дополняются и распределяются по темам в базе данных, имеющейся в наших компьютерах. Накопленный фонд этих записей и есть основа всех наших работ.

Авторы приносят свои извинения за обилие личных примеров в книге. Использование личного опыта как источника научного знания не слишком эффективно и не очень приветствуется в точных науках, но для нас в этом плане пример не физика, а скорее психология, в частности работы З.Фрейда, который этот прием использовал систематически.

Маленький, но свой житейский опыт
мне милей ума с недавних пор,
потому что поротая ж...
- самый замечательный прибор.
И. Губерман

Выявление закономерностей путем анализа «исторических загадок»

Критическое изучение истории, с постоянным вопросом «Почему это так случилось?» и "Как это так получилось?" позволяет выявить множество исторических загадок – необъясненных ситуаций или, наоборот, ситуаций которые имеют несколько разных, иногда противоречащих друг другу объяснений.

Попытки «прояснения темных мест» с использованием инструментов ТРИЗ для решения исследовательских задач позволило выявить целый ряд закономерностей и, что часто более ценно, механизмов социальных процессов. Подробнее об этом мы расскажем в разделе книги, посвящённом "Исторической Механике".

Привести пример

Выявление закономерностей путем «исследовательского чтения»

Для физика – теоретика критерий истины его построений - экспериментальные результаты, которые надо объяснить, и те, которые могут подтвердить или опровергнуть его построения. Сам теоретик подтверждением не занимается, «на него» работают экспериментаторы.

У нас в принципе та же ситуация – для нас «экспериментальными результатами» являются факты из истории эволюции любых систем. Получить такие факты одновременно просто и сложно.

- Просто – есть масса книг по истории техники, общества, искусства, по биологической эволюции и т.п.
- Сложно – большинство таких книг написано вовсе не для облегчения нашей работы, их авторы собирали данные и строили структуру книг для своих целей, их материалы нередко тенденциозны, иногда бывают ошибочны или лживы – это все надо "отлавливать", а единственный способ – "раскладывать" прочитанное "по полочкам", сравнивать прочитанное с другими материалами и с теоретическими положениями и думать, думать, думать.

Работа с книгами идет, как правило, следующим образом:

- Один из нас читает материал, отмечая на полях важные куски, оставляя комментарии и т.п.
- Материал обсуждается, замечания записываются на диктофон. Обычно это происходит во время прогулок
- Материалы с диктофона и нужные выдержки из книги переносятся в компьютер.

Естественно, что наибольший интерес у нас всегда вызывают два вида публикаций:

- Материалы, полезные для нашей работы, позволяющие как-то уточнить наши утверждения, включая книги по нелинейной теории, биологической эволюции, истории общества, истории науки и техники и т.п.
- Материалы, противоречащие нашим идеям и ожиданиям, среди них:
 - Работы алармистов, типа предсказаний Римского клуба, любителей озоновых дыр, кислотных дождей и глобального потепления
 - Работы «культурологов» типа Хантингтона и Фукуямы, их последователей, особенно разнообразных антиглобалистов
 - Работы «геополитиков» от глуповатого Бжезинского до явно умного, но ограниченного и "совкового" Переслегина и т.п.
 - Книги политических преступников и демагогов, коммунистов, фашистов, расистов и т.п.

Все материалы мы условно делим на 3 группы:

1. Чистая информация. Книги, статьи, сайты, публикации и т.п., из которых извлекаются нужные и полезные факты. При работе с такими материалами всегда нужно делать хотя бы приблизительную оценку – насколько можно верить источнику, и на всякий случай информацию проверять. Мы не уверены, что все информационные ошибки исключены, но это не слишком существенно - отбрасывание одного или нескольких недостоверных примеров или мелких положений не меняет общую идею и содержание нашей работы. Лучшее, что в таких книгах находится – нерешенные или плохо решенные задачи, позволяющие нам «потренироваться в решении».

2. Книги или статьи – "детонаторы", запускающие нашу собственную творческую работу, при чтении которых рождаются новые ассоциации и идеи, иногда мало связанные с содержанием самой публикации. "Детонаторы" могут быть самые разные. Иногда это интересная задача, утверждение, в правильности которого мы сомневаемся, неочевидные или сомнительные факты, неожиданный подход к теме, свежее сравнение, метафора, и т.п. Наличие таких "детонаторов" ничего не говорит о качестве книги. Чаще всего такие триггеры встречаются у авторов, которые стараются пробивать новые дороги, пусть даже в неправильном направлении. Множество триггеров оказалось в книгах антиглобалистов, публикациях «черных прогнозистов», в религиозной литературе и фантастике. При чтении многотомной серии "Меч Истины" американского мастера фэнтези Терри Гудкайнды и книг Сергея Лукьяненко мы нашли больше новых идей, чем при чтении многих серьезных трудов по истории, социологии, синергетике...

3. Книги содержащие некоторые эволюционные структуры, которые мы можем использовать в своей работе по построению теории эволюции. Это – самый редкий и

ценный для нас вид книг. Базой для нас стали работы Генриха Сауловича Альтшуллера, включая множество пока не опубликованных материалов, переписку и особенно личные беседы с ним. Другие такого рода книги – «Третья волна» Тоффлера, «Тектология» Богданова, «Структура научных революций» Куна, «Технический прогресс: концепции, модели, оценки" Сахала, «От брака к открытию» Митрофанова, труды историков Ясперса, Блока, Февра, Броделя, Суворова, социологов Зомбарта и Вебера, психологов Фрейда и Грановской, книги Дарвина, современных дарвинистов и антидарвинистов и т.п.

Это вовсе не значит, что все сказанное в этих книгах воспринимается нами без критики – наоборот, они лучшие источники для наших выводов, которые часто начинаются с несогласия с автором. При чтении таких книг важнее всего задать себе вопросы:

- Как ее можно улучшить, зная наши методы?
- Какие в ней слабости, неточности, недоказанности?
- Как ее продолжить с точки зрения законов развития?
- Как идеи абстрагировать, перенести в другие области
- Как решить изложенные в ней задачи и проблемы?

Выявление закономерностей путем написания книги

Многие ученые рассказывали, что лучшие идеи находили тогда, когда писали свои статьи и книги. Эта работа принуждает к систематизации материалов, выявлению и решению неясных вопросов, построению простых и понятных моделей и т.п.

Пример. Великий химик Д. Менделеев, работая над учебником для студентов, в котором хотел описать свойства всех известных химических элементов, искал последовательность, в которой было бы наиболее логично изложить материал – и в результате создал Периодическую Таблицу Элементов

Данная книга готовилась почти 30 лет, но реально писалась 5 лет. В процессе ее написания были найдены многие новые закономерности и объяснительные механизмы в самых разных областях.

Мы не можем предложить для этого подхода специального алгоритма работы, но очень рекомендуем всем, кто работает в области изучения теории эволюции, попытаться написать книгу.

Перенос закономерностей развития

Описанные выше проверенные на практике методы работы отличаются тем, что закономерности выявляются в самых разных областях, на разных системных уровнях. После того, как предполагаемая закономерность или нечто, что может оказаться ею, выявлены, необходимо рассмотреть возможность их переноса на другие системы и в другие области.

В принципе, такой процесс переноса закономерностей применяется в самых разных областях науки. Сегодня он широко применяется в биологии и медицине, где огромное количество исследований основано на сравнении физиологии людей и

животных. В конце пятидесятих годов появилась и быстро приобрела огромную популярность идея бионики, прикладной науки, направленной на перенос «биологических конструкций» в технику. Однако, ожидавшийся энтузиастами «мир псевдо-биологических машин» так и не наступил, новая наука оказалась почти бесплодной⁵⁸ и не случайно. Оказалось, что прямой перенос идей между такими далекими областями работает плохо. Средневековому оружейнику не принесла бы никакой пользы экскурсия на самые современные военные заводы – слишком далеки от него сегодняшние идеи, принципы, конструкции, технологии, материалы и т.п. А ведь биологические системы несравненно сложнее технических, они слишком сложны, чтобы из них что-нибудь легко «позаимствовать»

В начале восьмидесятих годов мы потратили более 1500 часов на изучение биологической эволюции в надежде улучшить систему законов развития технических систем на базе опыта и идей дарвинизма⁵⁹. К сожалению, это не дало ожидавшихся результатов, но неожиданно было обнаружено, что часто биологические открытия делались после появления соответствующих технических изобретений и разработок.

Примеры. В книгах по бионике часто рассказывалось о том, что люди «подсмотрели» у летучих мышей идею локации. А в реальности локация у летучих мышей была открыта в сороковых годах, уже после того, как радиолокаторы и звуколокаторы применялись во Второй Мировой войне.

В 1960 году были изобретены тепловые трубы, способные переносить огромные количества тепла. Еще через 10 лет было обнаружено, что потовые поры в коже работают по принципу тепловой трубы, обеспечивая отвод генерируемого организмом тепла наружу.

Профессор Принстонского университета Ф. Дайсон (F. Dyson) сказал в публичной лекции в начале 2009 года: «Моя четвертая ересь — еще одна ересь из области биологии — называется «биология с открытым исходным кодом». Согласно этой ереси, история развития программного обеспечения с открытым исходным кодом, возможно, представляет собой краткое повторение истории жизни на Земле, ускоренный в огромное число раз вариант эволюции». Заметим – это стало ясно уже после того, как развитие программного обеспечения прошло основные шаги своей эволюции.

По аналогии с «бионикой»⁶⁰, авторы придумали идею нового подхода к биологии, который назвали «технионикой», суть которой перенос в биологию идей из разных областей техники и физики. Вообще-то «технионика» возникла как шутка, в результате разочарования бионикой, но через некоторое время выяснилось, что в каждой шутке есть доля шутки. Оказалось, что эта странная идея «работает».

Примеры. Специалист по ТРИЗ Г.Г. Головченко в начале семидесятих годов открыл новое явление – ветроэнергетику растений. Он обнаружил и экспериментально доказал что когда деревья качаются под ветром, вытянутые поры древесины работают как хорошо известные в технике перистальтические насосы, перекачивающие воду вверх по стволу. Аналогичную роль играют черешки листьев и иголки хвойных деревьев, качающиеся даже при очень слабом ветерке.

Почему не болит голова у дятла? Биологи объясняют это тем, что мозг этой птицы подвешен на очень эластичных сухожилиях. Это, несомненно, верное объяснение, но вот, достаточное ли? В технике

⁵⁸ Только в начале 21 века начали появляться обнадеживающие примеры продвижения в этом направлении.

⁵⁹ Проведение работы в этом направлении было предложено в конце семидесятих В. Петровым.

⁶⁰ Бионика (от греч. βίον — элемент жизни, буквально — живущий) — прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы. (Википедия)

известен эффект Александрова, согласно которому коэффициент передачи энергии от ударяющего тела к ударяемому зависит от свойств, формы и соотношения масс соударяющихся тел. Это позволяет создать «механический полупроводник», в котором передача энергии происходит только в одном направлении. На этой основе был построен пневматический отбойный молоток, который в два раза легче обычного и обладает большей производительностью. В демонстрационном образце груз, бьющий по бойку, был сделан из стекла – и не ломался при ударах, крушивших бетон. Мы предполагаем, что именно этот эффект спасает дятлов от сотрясений мозга.

Наша практика показала, что возможны переносы закономерностей между буквально всеми областями деятельности или мышления. Мы переносили идеи из лингвистики на социальные системы и технику, из техники в биологию, из естественных наук в социальные и т.п. При этом выявился сильный эффект многократных переносов, когда идея взятая в одной области, переносится в другую, там развивается, совершенствуется и переносится в третью т.п. Со временем усовершенствованная идея, закономерность или механизм может вернуться в исходную область обновленной, более развитой, лучше понятой. Переносы создают дополнительные связи между отраслями, расширяют возможность применения эволюционных ресурсов, включают механизмы коэволюции, и даже могут порождать цепные реакции "взрывного развития" тех или иных систем.

Общий алгоритм выявления закономерностей

За годы нашей работы сложился некоторый алгоритм изучения закономерностей развития, включающий следующие шаги:

- Выбор объекта анализа – тенденции, изобретения, некоторой системы, выполненного проекта и т.п.
- Анализ объекта по известным закономерностям развития и выявление тех или иных отклонений, например, пропущенных шагов развития, появление неожиданных результатов и «поворотов» развития и т.п.
- Определение специфических ситуаций или условий, при которых возникали отклонения
- Поиск других объектов, в которых происходили аналогичные отклонения в развитии или возникали такие же специфические ситуации или условия.
- Определение (по частоте повторяемости) имеем ли мы дело с:
 - Реальной новой закономерностью
 - Обоснованным изменением или дополнением имеющейся закономерности
 - Отклонением в развитии, связанным со случайными событиями, субъективными факторами, ошибками и т.п.
- Абстрагирование от конкретных особенностей реальной системы и формулирование гипотетических закономерностей или изменений в известных закономерностях в более или менее общем виде
- Составление описания новой, предполагаемой закономерности с указанием условий и результатов (положительных и/или отрицательных) ее действия.
- Поиск аналогичных закономерностей в других областях
- Поиск возможных объяснительных механизмов для этой закономерности
- Использование выявленных объяснительных механизмов для предсказания дальнейшего развития данной закономерности

- Направленный поиск возможности приложения новых и/или уточненных закономерностей в «опорных областях»⁶¹ и накопление опыта их практического применения.

Для эффективного использования этого алгоритма полезны несколько дополнительных правил:

- Планомерное наращивание усилий - обнаружив какой-то непонятный факт, проблему или задачу, не нужно торопиться с глубоким изучением серьезной литературы. Во многих случаях по теме есть знания, достаточно для начала. Если их недостаточно, стоит посмотреть статьи в Википедии, другие простые публикации, научно-популярную литературу и т.п. Существенно на том же минимальном уровне познакомиться с надсистемами, окружением системы, ее аналогами в более или менее далеких областях и т.п. Цель этой работы – сформировать понимание системы и проблемы.
- Построение "начального объяснения" на этом минимальном материале. Совершенно не обязательно эти объяснения будут правильными, но это улучшит понимание проблемы, поможет не попасть под гипноз психологической инерции специалистов.
- При появлении любой полезной мысли полезно ее "проговорить", лучше всего обсудить с кем-то⁶². Важную роль играет возможность «прокатывать» новые идеи на учебных курсах и применять в проектах. Когда-то в России мы проверяли идеи на занятиях с подростками, часто убедить их было труднее, чем взрослых инженеров.
- Работа "без звериной серьезности". Легко относиться к работе, позволять себе шутить, не застревать на противоречиях и препятствиях, "проскакать" их, просто сказав: «потом к этому еще вернемся».
- Вести одновременно несколько параллельных (но внутренне связанных) работ и не заикливаться на одной. Не торопиться, не "выжимать" свои мозги. После того, как в какой-то области произошел "прорыв", нужно на ней сосредоточиться. Когда тема исчерпается, отложить ее на время, потом, когда опять наберутся идеи вернуться к ней.
- Собственные идеи, после того как они сгенерированы, нужно подвергнуть жесткой критике, целенаправленно искать возможность опровержения, области и условия при которых они окажутся неверными и т.п. Это – самое трудное, но нам очень помогает отработанная привычка встречать идеи партнера с сомнением, иногда "в штыки".

⁶¹ Опорная область – та или иная достаточно широкая область эволюции (определенных технических систем, биологии, медицины, искусства и т.п.), которую автор знает достаточно глубоко, чтобы использовать ее для тестирования предполагаемых эволюционных закономерностей. Часто это – профессиональная область исследователя, пополненная целенаправленным эволюционным обучением. Например, Б. Злотин первоначально тестировал все новые идеи на истории развития электрических генераторов (специальность по образованию). Со временем этого оказалось недостаточно, и он нашел новый "полигон" - изучение военной истории, эволюции военного искусства и техники.

⁶² У авторов большая производительность именно из-за привычки всегда обсудить друг с другом любую мысль или идею

Техника решения творческих задач

Главной целью нашей работы было не столько построение теории, сколько разработка практических инструментов управления эволюцией. Поэтому для работы использовались в основном практические (часто – эмпирические) инструменты, главным требованием к которым была их эффективность. Важнейшими инструментами стали различные методы организации и активизации творчества,

Некоторые методы активизации и организации поиска решений

Человечество в течение почти всей истории развивалось за счет небольшого числа талантливых, от природы склонных к творчеству людей. Таких людей всегда было немного, но недостаток "творцов" практически не тормозил развитие, главными препятствиями были социальные проблемы. Сегодня же недостаток творческих людей стал главной проблемой - человечество просто не успевает решать массу задач, встающих перед ним. При этом критически возрастает цена ошибок - с сегодняшними могущественными военными, химическими, биологическими и социальными технологиями вполне вероятны ситуации нанесения огромного вреда из-за ошибки или злонамеренности. Даже сравнительно небольшие ошибки могут привести к банкротству огромные компании и организации, вызвать конфликты, нанести огромный ущерб окружающей среде, причинить массу неудобств людям и т.п.

Именно поэтому на смену «надеждам на гения» неизбежно должен прийти метод управления эволюцией на базе систематического научного решения творческих проблем в любых областях.

Первые исследовательские работы по изучению творчества начались в конце 19 века, а в середине 20 века появились методы активизации творчества в разных областях, преимущественно в технике. Были разработаны и нашли более или менее широкое применение следующие методики:

- Мозговой штурм, предложенный Алексом Осборном (Alex Osborn) - коллективный поиск новых идей, направленный на снижение психологической инерции и активацию свободной генерации идей
- Морфологический анализ, предложенный Ф. Цвикки (Fritz Zwicky), суть которого в генерации разнообразных вариантов решения в виде комбинаций из набора «частичных решений», в роли которых используются альтернативные способы реализации функций.
- Синектика, предложенная Гордоном (W.J. Gordon) – сочетание мозгового штурма с целенаправленным использованием разных видов аналогий
- Латеральное мышление (Lateral thinking), предложенное Эдуардом де Боно (Edward de Bono), направлен на «мышление в нетрадиционном направлении»
- Theory of Constraints, предложенная Эли Голдратом (Eliyahu M. Goldratt), направленная на устранение ограничений (конфликтов), которые мешают компании полностью реализовать её потенциал.
- Quality function deployment (QFD) предложенная Юджи Акао (Yoji Akae), направленная на то, чтобы сосредоточить внимание на важнейших характеристиках новых или существующих продуктов или услуг с точки зрения отдельного клиента, сегмента рынка, компании, или технологии развития.

Известен еще ряд методов, являющихся теми или иными комбинациями изложенных выше подходов.

Классический ТРИЗ

В конце сороковых годов изобретатель Генрих Альтшуллер, работавший в отделе изобретательства Каспийской военной флотилии, начал разработку Теории Решения Изобретательских Задач (ТРИЗ), в основе которой лежали следующие идеи:

- Развитие техники происходит в соответствии с некоторыми закономерностями, которые можно выявить, анализируя патентные фонды, и использовать для целенаправленного изобретательства
- Все системы в своем развитии стремятся к некоторой «идеальной системе», суть которой отражается формулировкой: «системы нет, но ее функции выполняются»
- Все изобретательские задачи являются результатом возникновения в системе некоторых противоречий, мешающих ее развитию, а изобретения являются разрешениями этих противоречий путем разделения противоречивых свойств в пространстве, времени, по каким-то условиям, между системой и подсистемой, и т.п.
- Для выявления и разрешения противоречий может быть применен специальный многошаговый алгоритм, получивший название Алгоритм Решения Изобретательских Задач (АРИЗ)
- Дополнительными инструментами решения задач являются верный анализ, специальные приемы разрешения технических противоречий и стандарты на решение изобретательских задач
- Для повышения эффективности решения задач могут быть использованы специальные методы снижения психологической инерции и развития творческого воображения

С помощью ТРИЗ сегодня решены десятки тысяч задач, ТРИЗ приобрела популярность в Америке, Германии, Японии и многих других странах. К сожалению, из-за тяжелой болезни Г. Альтшуллера и экономического коллапса в России, работа по развитию классической ТРИЗ сильно затормозилась в конце восьмидесятых годов прошлого века.

Ideation TRIZ

Б. Злотин и А. Зусман, ученики, сотрудники и соавторы Г. Альтшуллера по нескольким книгам, основавшие в начале девяностых годов в США компанию Ideation International Inc., вместе со своими коллегами и учениками продолжили разработки ТРИЗ. Эти работы получили название I-TRIZ, они включают:

- «Вестернизацию» материалов классической ТРИЗ, адаптацию их к стилю мышления и психологии, существенно отличающейся от психологии «советских людей», на которых ТРИЗ был первоначально ориентирован
- Компьютеризацию решения изобретательских задач, в том числе:
 - Обеспечение эффективного ознакомления с задачей и доступными ресурсами с помощью компьютерных вопросников и заранее созданных баз знаний

- Графическое построение и анализ причинно-следственных связей в рассматриваемой системе
- Автоматическое формулирование противоречий и задач для решения
- Выдачу компьютером рекомендаций (операторов, линий развития систем и т.п.), полезных для решения данного типа задач
- Выдачу компьютером примеров – аналогов, способствующих нахождению решений задачи
- Разработку и компьютеризацию методик решения научных задач, в частности задач выявления причин и механизмов тех или иных эффектов, как полезных, так и вредных, типа поиска причин аварий, брака и т.п.
- Разработку и компьютеризацию методик эволюционного прогнозирования развития технических и социальных систем и управления этим развитием. В частности для:
 - «Позитивного прогноза» - возможных вариантов полезного и желательного развития технических систем, бизнесов и т.п.
 - «Негативного прогноза» - предсказания возможных проблем и опасностей развития для рассматриваемого типа систем и возможностей предотвратить эти опасности.
 - Управления развитием для достижения некоторых целей (Директед Эволюшен)
 - Управления интеллектуальной собственностью – обхода патентов и защиты их от обхода, повышения ценности патентов и разработки «патентных заборов».

«Диверсионный анализ»

С 1977 года Б. Злотин работал в качестве «профессионального изобретателя» - решателя проблем, имеющих существенное значение для электромашиностроительного объединения "Электросила". Первые месяцы работы показали, что наиболее часто приходится иметь дело с проблемами устранения брака, дефектов продукции, низкого качества и т.п. Оказалось, что самое трудное – выявить причины этих нежелательных эффектов, то есть решить исследовательскую, а не изобретательскую по своей сути задачу, для чего классический ТРИЗ не был предназначен.

После нескольких попыток адаптации ТРИЗ к таким проблемам был, почти случайно, придуман прием, основанный на идее превращения задачи из исследовательской в изобретательскую.

Проводилась работа по снижению стоимости и повышению надежности автоматических выключателей большой мощности. Группа специалистов была собрана по приказу «большого начальника», против желания участников. Б. Злотин, назначенный руководителем группы, был в ней младшим по возрасту и низшим по служебному положению. Члены группы считали, что никакие улучшения их конструкции невозможны, были обижены выбором руководителя и фактически саботировали работу, отказываясь генерировать идеи в процессе мозгового штурма или высказывая заведомо неприемлемые варианты.

Стремясь немного «расшевелить» участников, ведущий сказал: «Ну ладно, улучшить систему вы не можете, а вот ухудшить можно?». Последовали явно издевательские предложения – ударить изделие кувалдой перед передачей заказчику, сделать электрические контакты из дерева и т.п. На это

ведущий возразил – так испортить любой может, но заказчики такое изделие не примут. А как ухудшить, чтобы клиенты этого не заметили? Кто-то из группы удивился: «Ты что, хочешь диверсию придумать?»

Как ни странно, идея «изобрести диверсию» вызвала интерес, и люди начали генерировать идеи. Через несколько минут была высказана явно "работоспособная" «диверсионная идея», поразившая всех – она объясняла недавно произошедшую аварию, причины которой до сих пор были непонятны. Саботаж был моментально забыт, все включились в активную работу по поиску возможности предотвращения таких аварий. После первого успеха группа очень хорошо работала по поиску других идей.

Обдумывание результатов этого проекта привело к созданию методики, получившей название «диверсионный анализ»⁶³ или «диверсионка», потому что в этом случае специалист, решающий задачу, должен думать как «диверсант».

Основная идея «диверсионного анализа» проста. Вместо того, чтобы стараться понять – почему и как данный нежелательный эффект возникает, мы формулируем задачу: «Допустим, нам поручено добиться именно такого результата. Как мы могли бы это сделать, используя имеющиеся ресурсы?» Такое преобразование получило название «инверсия задачи», оно близко по своей сути к тому, что на Западе позже было названо «реверс инженеринг» (RE), но в отличие от характерного для RE «переизобретения» продукции других производителей, специалист по «диверсионному анализу «переизобретает» механизмы стихийные, возникающие вопреки воле людей.

Со временем «диверсионка» начала использоваться в наших работах постоянно и не только для выявления причин брака. Другим важным применением этого метода стало прогнозирование возможных нежелательных явлений, особенно при внедрении новых технологий или продуктов.

Пример. Предприятие готовилось к выпуску нового типа электрической мясорубки. Был проведен «диверсионный анализ» на тему – «Как с помощью мясорубки нанести вред?». Например, отравить или заразить людей. В результате было выявлено, что в мясорубке есть зоны, куда во время работы может проникать мясной сок и частицы фарша, и которые невозможно хорошо промыть. Это значит, что будут возникать процессы гниения, размножаться опасные бактерии. Простейший опыт подтвердил худшие опасения – в мясорубках, использовавшихся для испытаний, ощущался гнилостный запах. Небольшое изменение конструкции позволило такую возможность полностью устранить.

При практическом применении «диверсионного анализа» выяснилась интересная особенность – очень часто инверсия приводит к простым и легко решаемым без специальных изобретательских методов инженерным задачам. Поэтому после инверсии рассматриваются обычные методы осуществления искомой функции в разных отраслях техники и науки. Нередко это сразу дает ответ. Если же ответа нет,

⁶³ На английском языке этот метод сегодня известен под названием Anticipatory Failure Determination (AFD) и включает два типа работы:

- AFD Failure Analysis, направленный на выявление причин произошедших нежелательных явлений и поиск методов их предотвращения
- AFD Failure Prediction, направленный на предсказание возможных нежелательных эффектов и поиск методов их предотвращения

используется инструментарий ТРИЗ, сначала для изобретения метода "создания диверсии", а потом и метода ее предотвращения.

Систематическое применение диверсионного подхода позволило эффективно работать в направлении повышения качества продукции и обучать специалистов такой работе⁶⁴. Со временем обнаружился важный эффект: общепринятые специалистами объяснения причин появления брака и дефектов часто не имеют ничего общего с реальностью. Мы научились относиться с подозрением к любым объяснениям, если они не позволили устранить данный эффект в течение долгого времени. Впоследствии, занимаясь решением научных задач в самых разных областях, мы обнаружили тот же эффект – очень многие привычные объяснения, циркулирующие и принятые в научной среде, оказывались не более, чем фантазиями типа "кто-то из великих это сказал" или «это все знают».

Методика решения исследовательских задач с помощью ТРИЗ

С 1982 года Б. Злотин и А. Зусман начали совместную работу в ТРИЗ, выбрав в качестве «ведущего направления» поиск возможностей применения ТРИЗ для решения научных задач, построения гипотез и теорий.

После года почти безуспешных попыток построить специальный «алгоритм решения научных задач» по примеру созданного Г. Альтшуллером АРИЗ, А. Зусман предложила использовать для решения научных задач «диверсионный подход». То есть, вместо поиска ответа на вопрос: «почему происходит то или иное физическое, биологическое, социальное и т.п. явление», сформулировать задачу «как можно такое явление создать или сконструировать, используя имеющиеся в системе ресурсы»⁶⁵.

Пример. Когда авторы вели эту разработку, они каждое утро бегали по несколько километров. Однажды возник забавный вопрос – почему, если человек дышит при беге носом, он может без особого труда пробежать большую дистанцию, а если дышит, широко открывая рот и глубоко вдыхая, то очень быстро задыхается? Это казалось необъяснимым - ведь дыхание через нос труднее и медленнее, требует затраты большей энергии, ртом можно "схватить" больше воздуха. Притом, при плавании человек дышит ртом и не задыхается.

Знакомый врач нам объяснил:

- При дыхании носом наружный воздух согревается, проходя через насыщенную кровяными сосудами зону, что предотвращает переохлаждение организма
- При дыхании носом воздух фильтруется от пыли, она не попадет в легкие

Но мы-то бегали летом при температурах порядка + 25⁰С по прекрасному парку, где был чистейший воздух и явно не нуждались ни в фильтре, ни в дополнительном подогреве.

⁶⁴ Работая в Америке и других странах, мы обнаружили что "диверсионка" – прекрасное дополнение к модным методикам Total Quality Management (TQM), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Six Sigma, Lean Engineering и другим. Все эти методики позволяют хорошо организовать работу и предотвратить появление известных нежелательных эффектов, но почти бесполезны, когда причины и механизм эффекта неизвестен. "Диверсионка" наиболее полезна именно в этом случае.

⁶⁵ До сих пор для нас загадка – почему мы так долго не могли понять, что «диверсионка» и есть метод решения научных задач? По-видимому «работала» очень сильная психологическая инерция, связанная с самим названием «диверсионный анализ». Ну что хорошего может быть связано с диверсиями?

Инверсия задачи: "Как заставить человека задыхаться?"

Один способ хорошо известен - если заставить человека даже без бега очень глубоко и часто дышать, то он довольно скоро начинает задыхаться. Обычно это объясняют избытком попадающего в кровь кислорода (эффект гипервентиляции). Но в это тоже было трудно поверить - одному из авторов приходилось дышать воздухом, обогащенным кислородом, и он вовсе не задыхался. Тем более невозможно поверить, что при беге происходит перенасыщение крови кислородом - наоборот, бежать тяжело потому, что кислорода не хватает.

Поиск аналогий в системах, где данное явление хорошо изучено. Чтобы найти систему – аналог, мы слегка изменили, сделали более абстрактным само определение системы. Наша система - человеческие легкие, которые играют роль насоса. При определенных условиях этот насос работает неэффективно. Инвертированная задача: Как обеспечить снижение эффективности работы насоса, если это почему-то необходимо?

Б. Злотин в это время работал «решателем проблем» в фирме Молдавгидромаш, производящей различные насосы, и среди других работ проводил анализ их эффективности. При такой постановке задачи ответ оказался очевидным - насос работает неэффективно, когда не имеет необходимой нагрузки. Представьте себе насос, который должен закачивать воду с поверхности моря в резервуар с давлением 10 атмосфер, но вместо этого он выбрасывает воду обратно в море, то есть не совершает полезной работы. Что будет с этим насосом? Энергия, не израсходованная на выполнение полезной работы, будет расходоваться на нагрев и разрушение самого насоса, и он очень быстро выйдет из строя.

Решение задачи Решение в данном случае было основано на переносе известного механизма «падения эффективности насосов при отсутствии полезной нагрузки» в область биологии. Дыхание через широко открытый рот ставит наши легкие в условия "активной работы без нагрузки. Получается, что главная функция носа при беге - сопротивление засосу воздуха. А при плавании такое сопротивление обеспечивает давление воды, сжимающей грудную клетку, и выдох в воду, требующий серьезных усилий.

Проверка гипотезы. Идея о том, что именно сопротивление дыханию обеспечивает эффективность бега, показалась нам нелепой, но на следующее утро мы провели простой эксперимент: бегали, втягивая воздух через плотно сжатые зубы и полузакрытые губы. Это было очень непривычно, но оказалось, что для длительного бега это даже лучше чем дыхание через нос - можно менять степень сопротивления воздуха в зависимости от режима бега -типичный изобретательский «сверхэффект» от решения задачи.

После того, как методика решения исследовательских задач была разработана и несколько практических задач были успешно решены нами и нашими учениками, мы решили обратиться к какой-нибудь крупной научной проблеме.

Пример. При изучении биологической эволюции мы обнаружили в современной версии дарвинизма – Синтетической Теории Эволюции (СТЭ) большую группу неразрешенных (и тщательно замалчиваемых) противоречий. Главным из них было следующее: В соответствии с концепцией СТЭ, эволюция живых систем, от вирусов до людей происходит в результате сочетания двух процессов:

- Случайных мутаций
- Естественного отбора, сводящегося к выживанию наиболее приспособленных организмов

То есть, все развитие рассматривалось как типичный процесс "проб и ошибок" с отбором удачных проб. Во времена Дарвина (середина 19 века) никто не представлял себе невероятную сложность жизни как таковой. Клеточная теория только зарождалась⁶⁶, ученые не знали о митохондриях, разнообразных мембранах, органеллах, клеточных насосах, хромосомах, генах и т.п. Теория вероятности, уже прилично развитая к тому времени в математике, была практически неизвестна ученым в других областях, а общее развитие науки, лидером которого в те времена была механика, приводило к мыслям о простоте и познаваемости мира, о возможностях описания любых систем

⁶⁶ Маттиас Шлейден и Теодор Шванн, 1838 год

конечным набором простых законов. Не было сомнений, что и биология должна быть столь же проста как механика. Поэтому идея перебора вариантов и случайной "сборки" жизнеспособных вариантов из множества мелких изменений не казалась слишком уж необычной. Ну, потребуется довольно много времени, может быть тысячи лет – и из первичной клетки разовьются сложные организмы...

Сегодня ситуация иная. С развитием тонких методов исследований и углублением биологических знаний, становится понятной невероятная сложность живой материи, причем не только живых структур, но и, (что раньше вообще не принималось во внимание), функционирования живой материи на самых разных уровнях - от действия отдельных белков до развития внутриклеточных структур, клеток, органов и многоклеточных организмов.

Понимание реальной сложности жизни делает невозможным поверить в идеи случайного развития – простейшие расчеты показывают, что для формирования современных организмов таким путем потребовалось бы во много раз больше времени, чем существует Вселенная.

Разрешить это (и многие другие) противоречие оказалось возможным, введя два новых предположения:

- Жизнь есть способ существования мыслящей материи, то есть систем, способных к обработке информации и формированию своих действий на ее основе. Любое живое существо, начиная с вирусов (а возможно и с комплексов самовоспроизводящихся органических молекул - репликаторов), обладает некоторым аппаратом управления, способным воспринимать информацию и на ее базе принимать те или иные "опережающие поведенческие решения", а это и есть мышление. "Мыслительный аппарат" может быть реализован в виде каких-то "клеточных компьютеров"⁶⁷, нервных клеток, нервных узлов, или полноценного мозга.
- "Мыслительный аппарат" живых существ способен не только к "повседневному мышлению", но и к "управлению будущим" – формированию некоторых "перспективных мутаций", способных сделать следующие поколения более жизнеспособными.

Здесь, для примера, очень кратко изложена одна из первых эволюционных концепций, полученных в результате использования разработанной нами методики решения исследовательских задач. Впервые эта концепция была сформулирована в середине восьмидесятых годов, доложена в 1985 году на ТРИЗ конференции и опубликована в 1991 в книге Б. Злотин и А. Зусман "[Решение исследовательских задач](#)". Намного более подробно эта концепция будет изложена в следующем томе нашей книги.

Методика «инверсии задачи» превращает исследовательскую задачу в инженерную разработку, способствует переходу от пассивной работы по изучению чего-то, что существует независимо от человека, к активной работе, направленной на создание (изобретение) того, чего не было раньше. Эта методика позволила нам и нашим ученикам решить десятки весьма сложных и серьезных научных задач в самых разных областях. Особенно полезной она оказалась для проведения реальных проектов, связанных с исследовательской работой. При этом и сама методика быстро совершенствовалась - обростала дополнениями, разъяснениями, примерами, становилась более мощной и универсальной.

Применение этой методики породило неожиданный психологический эффект – решение «загадок» в самых разных областях, начиная с биологии и кончая историей, превратилось в «хобби», мы начали буквально «охотиться» за задачами. Это

⁶⁷ Сегодня неизвестно, как может работать такой мыслительный аппарат. Есть предположение что «клеточные компьютеры» могут использовать квантовые эффекты. PENROSE R. *Shadows of the mind: A search for the missing science of consciousness*. Oxford, 1994

развило очень полезное умение везде видеть загадки – и атаковать их. Главным объектом применения новой методики стал сам ТРИЗ, множество задач, возникавших при его разработке.

Метод построения эволюционных механизмов

Эволюционный механизм – некоторый устойчивый комплекс причинно-следственных связей, реализующий те или иные эволюционные явления в разных системах. Реальные механизмы обычно достаточно просты для понимания, но могут иметь сложные и неочевидные побочные и вторичные эффекты. Механизмы могут задаваться разными методами, от число словесных описаний или графических изображений (например, в виде диаграммы причинно-следственных связей в Проблем Формуляторе) до математических формул. Знание механизма позволяет предвидеть результаты тех или иных действий и понять, как на них повлиять в нужном направлении.

В реальной сложной нелинейной среде, например социальной, всегда действуют одновременно множество разных, более или менее сильных, более или менее очевидных механизмов. Они взаимодействуют друг с другом, усиливают или ослабляют, а иногда и сменяют друг друга при тех или иных условиях. Чем сложнее среда, тем больше разных механизмов могут в ней действовать. Причем в процессе нормального развития возможно одновременное действие множества более или менее разных механизмов, а в предкризисные и кризисные периоды развития число разных механизмов сокращается, действует в основном один механизм или один набор механизмов, наиболее тесно связанных с параметром порядка в данном кризисе. Подробнее это будет рассмотрено в следующей главе.

Исследователи социальных систем, особенно экономисты, обычно строят множество разных моделей и проверяют их адекватность путем сравнения с реальностью. При этом большинство построенных моделей правильны, соответствуют некоторым условиям и ситуациям реальности – но часто неизвестно, насколько широка область их действия, насколько точно они описывают реальность, при каких условиях могут применяться, когда они обладают предсказательной силой и когда их можно использовать для управления развитием.

Правильны в какой-то области и для какого-то времени противоречащие друг другу модели демократии, авторитаризма и тоталитаризма, феодального и капиталистического общества, экономические модели Адама Смита, Рикардо, Маркса, Бем-Баверка, Кейнса, Фримана, Бастиа-Хэзлита и множества других моделей, за которые теперь дают Нобелевские премии по экономике. Также в ограниченных масштабах и времени могли быть правильными модели исчерпания природных ресурсов "Римского клуба" и противоположная им, куда более широкая модель "неисчерпаемых ресурсов" Джулиана Саймона. Каждая из моделей обладает своей логикой и своим набором подтверждающих фактов. Главные ошибки в развитии – применение не тех моделей (не в то время и не в том месте) или попытки абсолютизации той или иной модели. ...

Для понимания развития и управления им используются следующие шаги:

- Выявление адекватных и достаточно широких моделей, соответствующих известным механизмам и фактам развития данной системы
- Адаптация известных моделей к конкретике системы
- Построение (при необходимости) специализированных моделей, основанных на общих механизмах и специфических ресурсах и ограничениях системы
- Применение моделей для прогнозирования развития
- Выбор желаемого варианта и использование подсказанных моделью закономерностей и "рычагов управления" для достижения поставленных целей.

Процесс выявления и описания механизмов эффектов включает ряд шагов:

- Феноменологическое описание некоторых эффектов или закономерностей
- Выявление корреляций и (по возможности) их формализация с помощью математического описания, графиков, эмпирических формул, номограмм и т.п. позволяющих практическое использование выявленной закономерности.
- Выявление эволюционного факта или группы фактов, механизмы проявления которых необходимо объяснить
- Инверсия задачи, превращение ее в изобретательскую, направленную на изобретение механизма, способного создать рассматриваемый факт или группу фактов
- Поиск аналогичных или достаточно близких механизмов, реализующих в любой другой области аналогичные или близкие к ним факты
- Если искомый механизм не найден среди аналогов, использование средств ТРИЗ-синтеза новых систем:
 - Составление «портрета механизма» как набора разных известных механизмов или эффектов
 - Построение причинно-следственной диаграммы гипотетического механизма, способного реализовать рассматриваемые факты
 - «Изобретение» механизма
- Рассмотрение ресурсов, необходимых для реализации «подходящих механизмов», в частности:
 - «Готовых ресурсов» - веществ, полей, энергии, информации и т.п. имеющих в самой системе или вокруг нее и способных полностью или частично обеспечить функционирование искомого механизма
 - «Производных ресурсов» - веществ, полей, энергии, информации и т.п. имеющих в самой системе или вокруг нее и способных после того или иного преобразования полностью или частично обеспечить функционирование искомого механизма
 - «Механизмов преобразования» - возможностей превращения имеющихся ресурсов в необходимые
- Выявление проблем и противоречий, связанных с найденным или изобретенным механизмом, в частности:
 - Частичное несовпадение предсказуемых результатов действия «гипотетического механизма» с реальными фактами
 - Противоречие в разных результатах «гипотетического механизма»
 - Препятствия к реализации гипотетического механизма

- Отсутствие необходимых ресурсов или условий для реализации «гипотетического механизма»
- Решение сформулированных задач и формирование окончательного гипотетического механизма
- Абстрагирование от конкретных и узких особенностей найденного механизма и описание его в более абстрактном виде
- Направленный поиск возможности теоретической или экспериментальной проверки новых и/или уточненных механизмов, включая возможность их опровержения и фальсификации:
 - Анализ соответствия механизма фактам, поиск его места среди других известных механизмов.
 - Определение новых фактов, предсказываемых этим механизмом и проверка их наличия в реальности
 - Выявление условий, при которых данный механизм не должен работать
- Уточнение на базе найденных идей известных закономерностей и механизмов и формирование новых закономерностей и локальных механизмов для разных систем

При работе соблюдаются некоторые важные правила:

- Использование "мягких" формулировок. Любой объяснительный механизм должен формулироваться без излишней категоричности, допускать возможность дополнений, изменений.
- Установление ограничений действия механизмов. Для любого объяснительного механизма должны быть указаны исходные посылки, принятые при его формировании, условия его действия (границы и диапазон применимости), ограничения, налагаемые данным механизмом на научную систему.
- Расширение области использования найденного механизма. Выявив в какой-то области объяснительный механизм, необходимо рассмотреть, нельзя ли с его помощью объяснить и другие явления.
- Развитие "конструкции". После того, как те или иные объяснительные механизмы построены, необходимо рассмотреть, какие новые закономерности и/или какие новые факты могут вытекать из этих механизмов.
- Эволюция механизмов. Оценка возможности развития найденного механизма по законам эволюции.

Дополнительные приемы, помогающие поиску эволюционных механизмов:

1. Общее использование аналогий. Объяснительные механизмы очень полезно строить на известных научных аналогиях, механических, гидродинамических, химических, электрических, и т.п. Если две системы аналогичны в некоторых своих функциях и характеристиках и/или описываются похожими уравнениями, велика вероятность что и механизмы, обеспечивающие эти функции и характеристики аналогичны.

Пример. В 1916 году Ланчестер (Lanchester) разработал математическую модель военной стратегии, так называемый квадратичный закон, количественно связывающий достижение победы с двумя основными факторами: численным превосходством живой силы и эффективностью оружия.

Впоследствии «Ланчестерская стратегия» оказались применима к решению многих вопросов бизнеса, маркетинга, конкуренции и т.п.

2. Использование "одушевленных" механизмов. При исследовании сложных явлений очень помогают понять происходящие механизмы, способные действовать "разумно", то есть выполнять команды, выбирать способ действия и т.д., типа метода Моделирования Маленькими Человечками (ММЧ), используемого в ТРИЗ в процессе анализа задач.

Пример. Химик Кекуле (August Kekule) в 1865 предложил циклическую структурную формулу бензола, имеющую вид правильного шестиугольника. Он говорил, что на эту идею его «навела» группа из 6 обезьян, висевших на решетке клетки и державшихся за руки.

3. Поиск "под фонарем"⁶⁸. Поиск объяснительных механизмов предпочтительнее проводить в тех областях, где это можно сделать легче всего (дешевле, удобнее, эффективнее, наконец, просто привычнее), с тем, чтобы потом перенести найденный механизм в другие области. В частности, удобно искать механизмы там, где в силу каких-то аномалий они выражены наиболее ярко.

Пример. Множество открытий в генетике было сделано благодаря очень удобному объекту исследований – плодовой мушке дрозофиле.

4. Гибридизация разных, в особенности альтернативных объяснительных механизмов. Если имеются два возможных механизма, у каждого из которых свои достоинства и недостатки, следует построить на их базе новый, сочетающий достоинства и исключающий недостатки исходных.

Пример. Самый известный пример гибридизации – корпускулярно-волновая теория в квантовой механике.

5. Реализация того, что возможно. Если некоторый механизм находит те или иные подтверждения и из него следует существование некоторого ранее неизвестного явления, следует искать это явление и, если оно не обнаруживается – искать механизм, противодействующий его реализации.

Пример. Проводя проект по предсказанию возможных проблем для нового химического реактора, мы «изобрели» ситуацию, при которой могла бы произойти довольно неприятная авария. Это вызвало недоумение – если мы правы, такие аварии должны были бы неоднократно происходить на существующих реакторах, но такие случаи неизвестны. Анализ работы старых реакторов неожиданно показал, что на самом деле это происходило неоднократно, приносило изрядный вред, но не замечалось, так как все "списывалось" на другие эффекты. Реальный механизм не был обнаружен и, значит, не мог быть устранен, после нашего анализа его устранили навсегда.

Использование типовых объяснительных механизмов.

При поиске механизмов для объяснения конкретной закономерности рекомендуется сначала попытаться применить объяснительные механизмы, характерные для данной области науки, а затем универсальные.

⁶⁸ Название дано по анекдоту о человеке, который искал потерянные где-то ключи под фонарем, потому что там видно лучше.

Наиболее часто встречающиеся универсальные объяснительные механизмы приведены ниже.

Механизмы формирования систем:

- Воздействие системы на свои элементы: подбор, отбор, формирование, адаптация
- Рост системы вокруг "затравки"
- Синергетическая самоорганизация структуры и функционирования - формирование структуры проходящими через нее потоками
- Построение системы из элементов, полученных при разложении других систем
- Построение иерархических структур
- Построение "скелетных" структур
- Построение сетевых структур
- "Размножение" системы путем воспроизведения ее структур
- Возникновение системных (сверх-суммарных) эффектов

Механизмы стабилизации системы (гомеостаза):

- Отрицательная обратная связь
- Адаптация системы к воздействию: снижение чувствительности, снижение силы воздействия, локальная защита, компенсация
- Накопление нарушений и кризисная разрядка
- Состояние покоя как динамическое равновесие противоположных процессов
- Ограничение существования системы самым ее слабым звеном

Механизмы развития системы:

- Генерации изменений (мутаций) при «размножении» системы
- Развитие системы по направлению повышения идеальности
- Схождение (конвергенция) и расхождение (дивергенция) форм
- Развитие системы по схеме "вызов - ответ"
- Развитие как сочетание сохранения и уничтожения
- Положительный и отрицательный отбор
- Положительная обратная связь, возникновение лавин
- Стимулирование развития дефицитом ресурсов
- Привлечение новых видов и источников ресурсов (готовых и производных)
- Накопление и высвобождение накопленной энергии
- Накопление нарушений в процессе развития системы и их устранение в результате кризисов

Механизмы торможения и прекращения развития:

- Исчерпание ресурсов
- Гомеостазис за счет отрицательных обратных связей

- Появление ограничений развития, в частности, ограничение развития системы надсистемой
- Инерция «покоя»
- Плавная остановка роста по S- кривой
- Полное прекращение процесса
- Возникновение колебательного процесса

Механизмы взаимодействий разных систем:

- Борьба за экологическую нишу, за ресурсы (конкуренция)
- "Опережающий" старт
- Гибридизация разных систем, создание надсистемы
- Образование отдельной системы «посредника» или образование «слоя-посредника» за счет частичного взаимопроникновения систем

Здесь приведены только немногие наиболее важные и универсальные механизмы, характерные для развития в самых разных областях. Выявление таких механизмов, особенностей их функционирования и создание техники их использования - важная задача Директед Эволюшен и частных эволюционных теорий в конкретных областях развития. В специфических областях эволюции, таких как развитие мозга, социальных систем, искусства, технологий и т.п. могут быть свои, более специфические механизмы. Более подробно мы рассмотрим некоторые специфические механизмы развития в других разделах этой книги.

Общая техника научной работы в эволюционных исследованиях

Исследовательская и инженерная работы

В технике и науке есть два основных вида работ – исследовательская и инженерная

- Исследовательская работа направлена на выяснение некоторой скрытой или отсутствующей информации, некоторых данных или механизмов действия каких-то причинно-следственных связей. Исследователь отвечает на вопросы: "Почему нечто произошло?" и "Как это произошло?". Исследователь узнает и открывает то, что существует помимо него.
- Инженерная (или прикладная) работа всегда направлена на достижение каких-то практических целей, или предотвращение каких-то нежелательных эффектов во вполне конкретных ситуациях. Инженер отвечает на вопросы: "Как это сделать?" или "Как это предотвратить"? Инженер создает нечто, чего раньше не было

Интересно, что технология инженерных работ в наше время куда лучше изучена и методологически более развита, чем научных; не случайно все методики решения творческих задач, от "мозгового штурма" до ТРИЗ появились именно в инженерной области. Правда, в последние десятилетия научные методологии тоже понемногу "подтягиваются".

Наша работа по исследованию эволюции с самого начала приняла прикладную направленность, нас не столько интересовала сама эволюция, сколько возможность ее управлять. В процессе работы мы постоянно переходим от исследовательского подхода к инженерному и обратно.

Шаги научной работы в области разработки эволюционной теории

"Исследовательские" шаги	"Инженерные" шаги
Сбор и изучение информации, выявление корреляций и причинно-следственных связей	Изобретение "механизмов эффектов"
Изучение возможностей и ресурсов "механизмов эффектов"	Развитие, улучшение, гибридизация разных механизмов, "конструирование" на их базе гипотез
Проверка сформулированных гипотез	Формирование на базе проверенных гипотез конкретных идей по применению полученных механизмов – для улучшения тех или иных систем, прогнозирования, управления эволюцией, и т.п.

Формирование эволюционного мышления

Для специалиста по прогнозированию и особенно по Директед Эволюшен очень важно владеть профессиональными инструментами и иметь знания в нужных областях технологии, в бизнесе, а часто и социальных вопросах. Но, по-видимому, самое главное – формирование специфического мышления.

Многолетняя целенаправленная работа по изучению и "изобретению" эволюции основательно изменила нас самих, наше мышление. Самонаблюдение показало, что сформировалось нечто, что мы назвали "эволюционным мышлением". Оно в чем-то близко к "ТРИЗовскому мышлению" и "системному подходу" и включает их, но к ним не сводится.

Дополнительные компоненты эволюционного мышления:

- Не просто знание, но и общее понимание эволюции и ее законов, позволяющее сразу "узнавать" эволюцию везде, где она имеет место,
- Умение оценивать разные тенденции развития и среди них отличать достаточно долговременные и представительные от случайных и временных отклонений.
- Понимание движущих сил и механизмов эволюции, а также сил сопротивления ей, обеспечивающих устойчивость систем.
- Понимание взаимодействия разных эволюционирующих систем (коэволюции)
- Умение выявлять неочевидные причинно-следственные связи, строить эволюционные механизмы, переносить их из одной области в другую
- Владение "сверхобучением", умение быстро усваивать и понимать самую разнообразную информацию
- Понимание роли творчества в развитии, в том числе неисчерпаемости ресурсов, порождаемой творчеством
- Свободное владение творческими подходами и инструментами
- Понимание нелинейных систем, их свойств и поведения.

Наше изучение эволюции было ограничено тремя типами систем:

- Биологические системы, развивающиеся "сами по себе"

- Искусственные системы, развиваемые людьми
- Социальные системы, в развитии которых сочетается "саморазвитие" и сознательное влияние людей

Этого ограниченного круга рассматриваемых систем оказалось достаточно, чтобы понять, что эволюционируют только сложные и динамичные нелинейные системы, находящиеся в состоянии детерминированного хаоса, способные к внутренней самоорганизации⁶⁹. В следующих главах мы подробно рассмотрим нелинейные системы и их эволюцию.

Самое важное – все эти мыслительные навыки, возникая на вполне сознательном уровне, со временем как бы "уходят в подсознание", формируя некоторую "эволюционную интуицию". В этом нет ничего мистического – "информация мать интуиции". Сегодня любая конкретная работа идет как бы на двух уровнях – интуитивное осознание + логическое, рациональное оперирование информацией и инструментами. Часто трудно различить, откуда приходят и как появляются те или иные идеи – в результате логических операций или "интуитивного озарения"

⁶⁹ Кажется, что это несправедливо для эволюции простых искусственных систем. Ну, какая может быть самоорганизация у системы "молоток"? А ведь молотки, без сомнения, эволюционировали в истории. Но, рассматривая эволюцию искусственных систем, всегда надо помнить, что они не эволюционируют сами по себе, что источник их развития – люди. А человек сам – очень нелинейная система, и эта нелинейность действует на развитие всего, что люди создают.