

1. О мышлении

Разные мышления

Человечество вырвалось из царства природы. Масса всех людей сегодня составляет 300 миллионов тонн, это вдвое больше массы всех позвоночных, которые существовали на Земле до появления человеческой цивилизации. Техносфера (вещество, переработанное людьми под свои нужды) может быть оценена в 30 триллионов тонн, это больше 50кг на каждый квадратный метр поверхности земли¹.

И всё это за счёт того, что человечество освоило мышление.

Есть два основных цивилизационных пути, условно называемых «восточным» и «западным». **Условная «восточность»** состоит в признании непостижимой сложности мира, невыразимости и непередаваемости человеческого опыта в постижении этого мира. **Условная «западность»** состоит в опоре на рациональность. Рациональность — происходит от латинского ratio, означающего «причину», «объяснение», но также и «отношение», т.е. ассоциируется с делением на части, анализом. Конечно, рациональное (рассудочное, неинтуитивное, не «восточного» типа) мышление в равной мере помогает и синтезу, объединению в целое аналитически разъятого на части. Но в западной культуре исторически придаётся большое значение основанной на логике «аналитике», т.е. формализации и моделированию. Можно наблюдать результаты этого «западного» пути развития цивилизации, давшей современные науку и инженерию, менеджмент, рынок ценных бумаг как инфраструктуру предпринимательства².

Увы, рациональному и логическому мышлению, равно как и многим другим видам применимого ко многим ситуациям мышления, в школе и ВУЗе сейчас прямо не учат, равно как прямо не учат и ограничениям в его практической применимости.

Сегодня среди педагогов преобладает мнение, что какому-то «хорошему» мышлению можно научиться на основе углублённого знакомства с предметами так называемого **STEM**³:

- наука (science, т.е. естественные науки: классические физика, химия, биология и т.д., редко computer science, но и её сюда иногда включают). Тут в части общеупотребимого для самых разных ситуаций мышления важна физическая компетентность, понимаемая как знакомство с математическим выражением закономерностей физического мира. Остальное (химия, биология и т.д.) в «науке» обычно даётся «для эрудиции» и оказывается важным уже только при специализации мышления в рамках какой-то из отдельных наук, а не для мышления в целом.
- Технология (technology), которая чаще всего понимается как умение работать на «станочках» — типовые уроки труда, когда готовятся не инженеры, а только «техники». Успешное образование в области технологии может

¹ Zalasiewicz и др., «Scale and diversity of the physical technosphere», Zalasiewicz и др., <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2053019616677743>

² Подробней про преимущества рациональности перед восточным упованием на интуицию и «непосредственное знание» см. в текстах А.Левенчука «Об членораздельное и голографическое в социологии» <http://ailev.livejournal.com/1281819.html> и «Об интуицию и чуйку» <http://ailev.livejournal.com/1295595.html>.

³ Определение STEM: https://en.wikipedia.org/wiki/Science,_technology,_engineering,_and_mathematics

означать то, что «руки из правильного места растут», т.е. к традиционно понимаемому мышлению не относится.

- Инженерия (engineering) — ей учатся инженеры-механики, электрики и прочие инженеры, часто и software engineers (с не слишком большим упором на знание computer science и data modeling). Тут тоже работают не столько с общим для всех мышлением, сколько с узким предметным мышлением инженера, ограниченным его специальностью.
- Математика (mathematics, позволяет получить алгебраическую компетентность, включая линейную алгебру, геометрическую компетентность (наглядная геометрия, потом с выходом в работу с современными системами автоматизации проектирования, 3D САПР), статистическая (в том числе байесовская статистика) компетентность, математическая логика. И ещё тут учитываем компьютерную математику, а не только математическую работу карандашом по бумажке⁴. Это ближе всего к обучению мышлению, но тем не менее это больше не про то, как думать о мире, а как рассуждать с уже формализованными моделями мира. По большому счёту, математика включается только после того, как мышление подготовило материал для применения математики, поставило формальную задачу.

К сожалению, предположения педагогов о косвенном обучении мышлению через обучение предметам STEM не оправдываются, мышлению нужно учить прямо, а не косвенно. Например, если нужно учить логике, то нужно учить прямо ней, а не через информатику и геометрию, а то в школьных курсах логика осталась только в рамках изучения логических выражений при обучении программированию и в курсе геометрии, где только и остались доказательства теорем. Наша книга по системному мышлению как раз призвана заполнить этот пробел, хотя и частично — системному мышлению она учит прямо, но не касается при этом других общих для многих ситуаций видов мышления.

Требования к мышлению

Мы не делаем предположений о том, как устроено мышление, из каких частей оно состоит и как они связаны, но мы требуем от мышления (в том числе и системного мышления) полезных свойств: **мышление должно быть абстрактно, адекватно, осознанно и рационально.**

Абстрактность — это главное требование, нам в мышлении нужно абстрагироваться от неважного и сосредоточиться на важном. Мышление моделирует мир, а не отражает его в полноте всех ненужных деталей. Мышление должно отделять зёрна от плевел и оперировать зёрнами. Мышление должно уметь отвязываться от индивидов и мыслить типами, прототипами, абстрактными понятиями: мы не знаем, что у мышления внутри, но требуем какого-то обобщения с опусканием ненужных для предмета мышления деталей. Нам нужна абстрактность в сложных ситуациях, мы хотим уметь планировать и проектировать впрок, мы хотим работать с целыми классами и типами ситуаций. Без абстрагирования мы не сможем переносить опыт одних ситуаций на другие, мы не сможем эффективно учиться, мы не сможем создавать языки, обслуживающие коллективное

⁴ Подробней про необходимость обучения детей математике с использованием современных компьютерных математических программ типа Mathematica см. в

https://www.ted.com/talks/conrad_wolfram_teaching_kids_real_math_with_computers/transcript?language=ru

мышление — языки позволяют обмениваться самым важным по поводу обдумываемых ситуаций, они очищают общение от неважных подробностей.

Адекватность — это возможность проверить, связано ли наше абстрактное мышление и порождаемые им описания ситуаций с реальным миром, или оно оказалось отвлеченным от вещного мира и у нас нет способов проверить его результаты, соотнести его результаты с реальным миром. Адекватны ли наши мыслительные представления о ситуациях реальному (т.е. существующему независимо от нас, материальному) миру? Или мышление нас обманывает и предлагает какие-то неадекватные представления? Нам нужно практичное, применимое для действия мышление, мы хотим быть адекватными и не отрываться от реальности.

Осознанность — это возможность понять, как мы мыслим, как мы рассуждаем. Если мы просто «имеем интуицию», это нас не удовлетворит. Мы не сможем научить других мыслить, научить их повторять наши рассуждения. Мы не сможем заметить ошибку в нашем мышлении, не сможем его улучшить или изменить, не сможем выучить другой способ мыслить, ибо мы его не будем замечать, не будем его осознавать. Мы не сможем удерживать внимание в мышлении, ибо нельзя удерживать внимание на том, чего не осознаёшь. Мы не сможем предъявить неосознаваемое нами мышление для проверки со стороны логики и рациональности, не сможем сознательно принять решение о том, что в той или иной ситуации нам достаточно от мышления интуитивной догадки, а не строгого рационального рассуждения. Мы хотим знать, о чём мы размышляем, как мы это делаем, мы хотим иметь возможность выбирать — мыслить нам о чём-то или не мыслить, мы не хотим быть бессознательными мыслящими автоматами. Мы хотим быть осознанными в мышлении, мы должны учитывать не только мышление, но и наличие самого мыслителя.

Рациональность — это возможность провести рассуждение по правилам, логичное рассуждение. Это возможность отстроиться от своей биологической и социальной природы, не делать связанных с этим ошибок. Рациональность — это возможность проверить результаты быстрого образного интуитивного мышления на отсутствие ошибок, нарушений правил, возможность задействовать опыт человечества в мышлении. Это возможность явно (хотя бы в диалоге с самим собой, то есть осознанно) обсудить эти выработанные цивилизацией правила хорошего мышления, обсудить логические основания мышления, обсудить допустимость или недопустимость использования каких-то отдельных приёмов мышления. Мы не хотим ошибок мышления, поэтому мы должны быть рациональными, мы должны уметь распознавать ошибки мышления у себя и других, мы должны уметь выразить результаты мышления так, чтобы уменьшить число ошибок при восприятии наших результатов другими людьми. Мы хотим быть рациональными, нам нужно уметь делить задачи на части (рацио — это ведь «деление»), мы не хотим чистой образности-интуитивности или чистой эмоциональности-спонтанности, хотя мы не отрицаем их необходимости, но нам прежде всего нужна цивилизованность в мышлении, использование лучших достижений цивилизации в том, как мыслить.

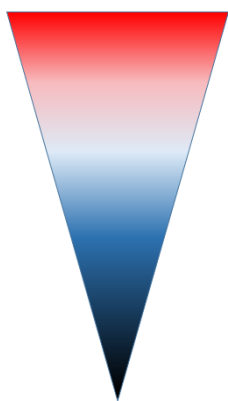
Все остальные **требования к мышлению** — это или частные варианты, или сочетания представленных. Так, «сильное мышление» обычно сводится к хорошему абстрагированию и адекватности, «мудрость» — это просто другие слова для адекватности, «творческое мышление» — это задействование правильного абстрагирования, «рефлексия» — это осознанность, но только не на текущую

ситуацию, а уже прошедшую.

Мы вовсе не имеем в виду, что человек, умеющий абстрактно, адекватно, осознанно и рационально мыслить, сможет решить любую задачу. Нет, для этого ему нужно обладать ещё и **предметными** (domain) **мышлениями** — по практикам менеджмента, инженерии, технического предпринимательства, других видов человеческой деятельности. Каждая деятельность имеет какое-то своё специфическое предметное мышление, позволяющее мыслить быстро и без типичных для новичков в этих деятельности ошибок.

Место системного мышления среди других мышлений

Но сразу освоить эти предметные мышления, да ещё потом и сочетать мышления для разных деятельностей не удаётся, ибо разные наборы мыслительных компетенций, часто называемые различными «мышлениями» (вычислительное мышление, системное мышление, инженерное мышление, танцевальное мышление и т.д.) могут быть выстроены в некоторое подобие пирамиды, поставленной на свою верхушку: небольшое количество базовых видов мышления у острия пирамиды поддерживают большое количество находящихся над ними предметных видов мышлений.



- Мышление инженера, менеджера, предпринимателя – меняются быстро (в них преобладают моды и поветрия), оно разнообразно
- **Системное мышление, вычислительное мышление, ... -- меняются медленно, их немного**
- Рациональное мышление и его логические основания, психопрактики, ... -- наиболее стабильны и их мало

Аналогично рациональное мышление лежит в основе системного мышления. Без его освоения системно мыслить не станешь, а системное мышление лежит в основе инженерного, менеджерского и многих других предметных мышлений. Менеджер без системного мышления — это плохой менеджер. Быстро меняющиеся практические инженерные, менеджерские, предпринимательские и т.д. мышления основаны на крепких навыках более фундаментальных мыслительных компетенций: системном мышлении, вычислительном мышлении, а те в свою очередь базируются на умении провести логическое рассуждение, умении прочесть три страницы текста, не отвлекаясь.

Освоение высокоуровневых мыслительных компетенций обычно требует определённого уровня владения более низкоуровневым мышлением. Едва ползающему человеку прыжки и танцы не будут доступны, нужно сначала накачать мышцы и освоить контроль тела, то есть заниматься **фитнесом** (fitness) как обеспечением готовности к действию. И только после получения готовности тела к действию можно учить какие-то паттерны сложных спортивных и танцевальных движений. Интеллектуальный фитнес имеет такую же природу. Арифметика изучается перед интегралами, без знания таблицы умножения высшей математики не осмотришь — арифметика тут фитнес для высшей математики. Сначала фитнес более базовых мыслительных навыков, готовность к мышлению, а затем само

целевое мышление — и так на нескольких уровнях.

Есть легенда, что талант к мышлению (какого бы вида оно ни было) врождённый. Да, генетическая предрасположенность к какому-то виду мышления бывает, как у спортсменов к какому-то виду спорта. Но мышлению нужно учиться: сами приёмы мышления не заложены в мозге, они должны быть усвоены и натренированы. Это означает, что натренированный «не талант» легко обойдёт в том или ином виде мышления нетренированного «самородка», который так и останется «вечно подающим надежды», он просто не будет знать, как мыслить правильно. Выученный волками потенциально гениальный Маугли не будет уметь даже разговаривать, не то что правильно мыслить.

Можно сказать, что существует некоторая **«цивилизационная мыслительная платформа»** как набор **лучших на сегодняшний момент в нашей цивилизации** (state-of-the-art) принятых по поводу мышления решений. Эти решения о выборе тех или иных приёмов мышления как раз и направлены на то, чтобы думать абстрактно, адекватно, осознанно, рационально, а не «дикарски», с игнорированием всего накопленного цивилизацией мыслительного опыта.

Насколько окультуренное цивилизацией мышление сдерживает или наоборот, стимулирует творчество по сравнению с живым «дикарским» мышлением? Цивилизация показывает, что образованные и мыслительно тренированные люди обычно выигрывают в массе своей у неучей, а гениальные самоучки-дикари чрезвычайно редки. При этом на поверку «самоучки-дикари» оказываются часто более чем начитаны и образованы, разве что их образование не было связано с каким-то официальным учебным заведением, а паттерны своего «гениального самородного мышления» они тоже брали из литературы и подхватывали у своих вполне образованных учителей, а не изобретали по ходу дела.

Цивилизационную мыслительную платформу, куда входит и системное мышление, в порядке интеллектуального фитнеса нужно «накачать» и «разработать» так же, как мышцы и суставы для готовности тела к движению — мозг ведь тоже тренируем, он пластичен и в буквальном смысле слова изменяется в ходе тренировки. И именно поэтому тренировки мышления не быстры. Как и с обычными мышцами, быстрых результатов за одну-две тренировки мышления не получишь, нужны месяцы и годы, ибо при этом задействуются медленные биологические процессы в мозге.

Интеллектуальный продолжительный фитнес нужен, чтобы дальше иметь возможность не просто цивилизованно мыслить, но и мыслить бегло. Натренированные паттерны мышления дают возможность как по проложенным в мозгу рельсам быстро проводить типовые абстрактные, рациональные, адекватные, осознанные рассуждения, не затрачивая на это мыслительных усилий, практически интуитивно. И только если эти «рельсы мышления» оказываются вдруг где-то не проложены, только при столкновении с чем-то действительно новым, можно переходить на затратное «просто мышление», задействовать какие-то иные механизмы мышления.

Эти ускоряющие мышление взятые из культуры паттерны, которые заодно позволяют не допускать грубых мыслительных ошибок, используются как в самых базовых видах мышления (логические рассуждения общего вида), так и в основанных на них более сложных (системное мышление, вычислительное мышление/computational thinking), так и в быстро меняющихся ещё более специализированных и сложных вариантах инженерного, менеджерского,

предпринимательского или даже танцевального и спортивного мышления в их многочисленных видах и вариантах. И беглости мышления нужно добиваться во всех них, все эти виды мышления нужно тренировать.

Для «образованного человека» нужно освоить одно и то же компактное мышление «цивилизационной платформы», которое пригодится ему для самых разных деятельности и проектов. Ведь человеку придётся в жизни играть много самых разных деятельностных ролей, начиная с ролей инженера, менеджера, технологического предпринимателя, но не ограничиваясь ими. Каждая из этих ролей потребует своего мышления, а базовые виды мышления «цивилизационной платформы» нужны будут для всех них.

И обязательно нужно учитывать, что речь идёт о лучших на сегодняшний момент (state-of-the-art) приёмах мышления. Базовые приёмы мышления относительно стабильны, но в 21 веке и базовые приёмы за время длинной человеческой жизни могут немного меняться, так что тут нужно быть начеку и вовремя переучиваться.

Вот некоторый далеко неисчерпывающий список видов мыслительных компетенций, составляющих эту «цивилизационную мыслительную платформу»:

- **Логические основания рационального мышления**⁵. Именно логика порождает из себя как отдельные мыслительные дисциплины разные варианты мышления. Логика как дисциплина сама по себе неуловима: это про все отдельные логики вместе, и про логики по отдельности — аристотелева логика, логика Талмуда, темпоральная логика как самостоятельные логики. В этом смысле логика подобна геометрии — это и все геометрии вместе взятые, и отдельно риманова геометрия в её отличии от евклидовой. Очень часто говорится не о «логике», а о её предмете — правильных рассуждениях, как делать выводы (inference) или даже о рациональности в целом как таковой и способах избегать ошибок интуитивного мышления «восточного» типа.
- Умение понять чужую мысль, выраженную на естественном языке, и умение выразить собственную мысль: **языковая компетентность**, иногда называемая «функциональной грамотностью». Её можно получить полноценно только при работе с несколькими языками, без неё невозможно работать со сложными текстами (включая текст нашего учебника). Когда вы будете жаловаться на сложность текста учебника, обилие в нём англицизмов и других непонятных слов — это возможное проявление недостатка языковой компетентности. И когда вы будете описывать ваши системы в рабочих проектах, умение письменно выразить свою мысль окажется необходимым.
- **(Кибер)психотехническая компетентность**⁶ имеет дело с осознанностью, пониманием закономерностей работы человеческой психики в условиях её расширения внешними инструментами, прежде всего «кибер»: информационными и коммуникационными системами. Тут и понимание своих прокрастинационных предпочтений и лени, контроль уровня сосредоточенности, знакомство с собственными заскоками и умение ладить с миром. Если человек не может волевым усилием заставить себя о чём-то

⁵ Подробней в тексте «Рациональное мышление и его логические основания», <http://ailev.livejournal.com/1311261.html>

⁶ Подробней в видео доклада по инженерии (кибер)психики <http://openmeta.livejournal.com/238030.html> и «Киберосознанность must, киберпсихика rulez», <http://openmeta.livejournal.com/237056.html>.

подумать и вместо этого «тупит в соцсетях», не в силах оторваться — то о каком рациональном или системном мышлении можно вообще говорить?

- **Вычислительное мышление** (computational thinking⁷), это подход к тому, как думать о моделировании с использованием компьютеров (computer, «вычислитель»). В рамках вычислительного мышления выделяют и умение поставить задачу, и умение разбить её на более мелкие части, и алгоритмическую компетентность, связанную с умением строить планы, и умение использовать математические модели, выраженные в алгоритмах для анализа данных. Computer science тоже тут, включая обсуждение понятия «вычислимости» или «оценки», различные парадигмы программирования, но также и моделирование, в том числе и инженерное моделирование, обработка данных научного эксперимента.
- **«Безмодельное» мышление** (model-free): компетенции в области сочетания коннекционистских (connectionism) распределённых представлений (distributed representations) и символьных (symbolic) представлений⁸. Это как раз та самая область, в которой сейчас происходит «революция искусственного интеллекта». К ней можно относиться просто как к ещё одной бурно развивающейся подобласти «вычислительного мышления» в целом, но есть много разных оснований вывести эти компетенции осознанного отношения к коннекционистским моделям в отдельный раздел.
- **Мышление о человеческой деятельности**: компетенции в праксиологии, социологии, правоведении, экономике⁹. Мы живём в мире людей, и нужно уметь думать про их деятельность. Речь идёт не об «инженерном», «нормативном» (как должны действовать люди) аспекте, а скорее об аксиологическом аспекте мышления — как рационально мыслить о целенаправленной человеческой деятельности.
- **Системное мышление**: мыслительные приёмы, описанные в нашей книге.

Варианты системного мышления

Системное мышление (systems thinking) — это мышление с использованием основных положений и приёмов **системного подхода** (system approach). Уже разработано много разных вариантов системного подхода, существенно отличающихся друг от друга в степени проработанности, используемой ими терминологии и деталях, но совпадающих в своих основах. Но и сами основы системного подхода претерпели существенное развитие с момента предложения в 1937 году биологом Людвигом фон Берталанди общей теории систем. Вообще, **подход** (approach) — это когда разработанные в рамках одной дисциплины, одной

⁷ Подробней про вычислительное мышление в средней школе в <https://k12cs.org/computational-thinking/>, более общее определение и ссылки на дополнительные материалы в https://en.wikipedia.org/wiki/Computational_thinking

⁸ Подробней об этой новой дисциплине, образовавшейся на стыке математики, физики, лингвистики (<http://ailev.livejournal.com/1283541.html>) и программирования написано в <https://habrahabr.ru/post/307024/>. Как именно проявляются эти представления в мышлении и выражении мысли на естественных языках обсуждается, например, в Peter Gardenfors, The Geometry of Meaning: Semantics Based on Conceptual Spaces — <https://www.amazon.com/Geometry-Meaning-Semantics-Conceptual-Spaces/dp/0262026783/> (<http://b-ok.org/book/2514718/f34e5e>).

⁹ Мы можем тут рекомендовать книги издательства «Социум», <http://sotsium.ru/>, а также дополнить их литературой по современным представлениям о целеполагании, упомянутой в <http://ailev.livejournal.com/1254147.html>.

предметной области понятия, методы мышления, приёмы действия применяются затем к другим дисциплинам и предметным областям. Общая теория систем была разработана главным образом на биологическом материале, а уж затем было предложено применять её положения ко многим и многим предметным областям.

С момента появления общей теории систем в 30-х годах 20 века на базе системного подхода возникали и умирали целые дисциплины. Например, так родилась в 1948 году и затем в семидесятых была предана забвению кибернетика. Поэтому до сих пор можно встретить старинные варианты системного подхода, существенно переплетённые с кибернетикой и несущие в себе все её недостатки, прежде всего попытку свести понимание мира как работы поддерживающих гомеостаз (т.е. неизменность своего состояния) систем с обратными связями. Самый распространённый вариант кибернетического системного подхода отражён в способе моделирования «системная динамика» (system dynamics¹⁰) и сводится к нахождению и явному отражению в модели каких-то связей, которые могут замыкаться в циклы, приводя к появлению колебаний. Такое «кибернетическое моделирование» свёрнуто и плохо отражает самые разные виды систем, совсем не похожие на «регулятор Уатта».

Системный подход уже получил широкое распространение в инженерии и менеджменте. В инженерии в пятидесятые-шестидесятые годы превалировало «математическое» понимание системного подхода, которое по факту сводилось просто к активному использованию математического моделирования при решении инженерных проблем. «Системность» заключалась в том, что модели при этом набирались из разных дисциплин для разного уровня структуры системы, и описание тех или иных систем проводилось с использованием многочисленных моделей, отражающих разные интересующие инженеров и учёных свойства систем в различных ситуациях. Такое моделирование противопоставлялось так называемому **редукционизму** (сведению к простому), для которого было характерно выделение одной главной точки зрения, одной дисциплины для какого-то уровня структуры объекта или предмета исследования, один метод моделирования — скажем, человек рассматривался на уровне молекул (т.е. биохимическом уровне), и из этого пытались выводиться все знания о человеческой природе: в том числе и его мышление, и социальное поведение объяснялось как сложное сочетание биохимических процессов. Системный подход преодолевал очевидную бессмысленность такого упрощенчества и поэтому стал очень популярен.

Слово «система» в конце семидесятых годов стало уважаемым, и его стали использовать в том числе и те люди, которые были совсем незнакомы с системным подходом в любой его версии. По факту, оно стало синонимом слова «объект» — что-то, что попало в сферу нашего внимания. Но никакого системного мышления, которое потом бы работало с «объектами-системами», увы, у пользующихся словом «система» не было.

В восьмидесятых в менеджменте тоже появилось множество учебников системного подхода, и математики там уже не было. Акцент делался на том, что в системе «всё со всем связано», и существенные связи могут выпасть из традиционных монодисциплинарных рассуждений. Поэтому нужно привлекать самых разных людей, чтобы в их общении получить возможность выявления этих существенных

¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/System_dynamics

связей. Менеджерское изложение системного подхода было ценным тем, что в нём обратили внимание на необходимость учёта людей при обсуждении систем (потом этих людей назовут стейкхолдерами, сделают их рассмотрение обязательным — и тем самым в восьмидесятых годах прошлого века появится второе поколение системного подхода). С другой стороны, если читать книжки с менеджерскими изложениями «системности», то на каждую их рекомендацию «учитывать целостность системы», «думать холистически», «смотреть на проблемы с разных сторон» нужно было бы дать ещё десяток: как именно это делать. То же самое относится и ко многим книгам по общей теории систем: прописанные там общие закономерности мало отличаются от философских обобщений, их трудно было непосредственно применять в деятельности.

Менеджерские книжки по системному подходу выглядят пожеланием «быть здоровым и богатым, а не бедным и больным». Никто не возражает «смотреть на систему с разных сторон»! Но с каких именно сторон? И как смотреть на что-то невидимое, например, на «процесс»?

Отдельных школ системной мысли с различающимися терминологиями, выделенными основными Принципами, какими-то наработанными инструментами моделирования существует десятки и сотни. Поэтому говорят о **системном движении**, у которого нет каких-то влиятельных координаторов или ярко выраженного центра, просто отдельные люди в разное время в разных странах чувствуют силу системного подхода и начинают им заниматься самостоятельно, не слишком сообразуясь с другими. А поскольку критериев для отнесения той или иной школы мысли к системному движению нет, то иногда и тектологию А.Богданова считают ранним вариантом системного подхода¹¹.

Системная инженерия

Наиболее активно после биологии и менеджмента системный подход разрабатывался в **системной инженерии** (systems engineering). В последние годы увеличилось количество русскоязычных переводов инженерной литературы, и слово engineering не удосуживаются перевести как «инженерия», так и оставляют «инжинирингом». Перевод «системный инжиниринг» уже начинает побеждать — это легко отследить по результатам сравнения в интернет-поисковых системах. Можно считать, что «системная инженерия» и «системный инжиниринг» синонимы, но есть маленькая проблема: в России почему-то в тех местах, где занимаются инженерным менеджментом, а не инженерией, называют его тоже «системным инжинирингом» — хотя при этом никаких инженерных (т.е. по изменению конструкции и характеристик системы) решений не принимается, речь идёт только об организации работ по созданию системы. Так что будем считать «инженерию» и «инжиниринг» синонимами, но в случае «инжиниринга» проверять на всякий случай, не менеджмент ли имеется в виду вместо чисто инженерной работы.

Самое современное определение системной инженерии дано в Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (руководство по корпусу знаний системной инженерии¹²). Короткое определение: системная инженерия — это междисциплинарный подход и способы обеспечения воплощения успешной системы (Systems engineering is an interdisciplinary approach and means to enable the realization

¹¹ Например, это прописано в статье русскоязычной Википедии: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тектология>

¹² http://www.sebokwiki.org/wiki/Guide_to_the_Systems_Engineering_Body_of_Knowledge_%28SEBoK%29

of successful systems¹³). В этом определении можно подчеркнуть:

- **Успешные системы** — это то, чем занимается системная инженерия. Слово «успешные» тут крайне важно и означает, что система должна удовлетворить нужды заказчиков, пользователей и самых разных других затрагиваемых системой или затрагивающих систему людей. Успех определяется специальным образом: когда все их интересы учтены (не нужно путать с бытовыми значениями слова «успешный»).
- Слово «системы» используется в очень специальном значении: это «системы» из системного подхода. Для системной инженерии слово «система» примерно то же, что «физическое тело» для ньютоновской механики — если вы сказали про компьютер «физическое тело», то это автоматически влечёт за собой разговор про массу, потенциальную энергию, модуль упругости, температуру и т.д. Если вы сказали «система» про компьютер, то это автоматически влечёт за собой разговор про стейкхолдеров и их интересы, требования и архитектуру, жизненный цикл и т.д. Все эти понятия будут подробно рассмотрены в нашей книге.
- Междисциплинарный подход — системная инженерия претендует на то, что она работает со всеми остальными предметными инженерными специальностями (впрочем, не только инженерными). Междисциплинарность — это очень сильное заявление, оно означает, что системная инженерия может в одну упряжку впрячь коня и трепетную лань (например, инженеров-механиков, баллистиков, криогенщиков, психологов, медиков, астрономов, программистов и т.д. в проектах пилотируемой космонавтики).
- Слово «воплощение» (realization, «перевод в реальность») означает буквально это: создание материальной (физической, т.е. из вещества и полей) успешной системы.

По-английски «системная инженерия» — systems engineering, хотя более ранние написания были как system engineering. Правильная интерпретация (и правильный перевод) — именно «системная» (подразумевающая использование системного подхода) инженерия, а не **инженерия систем** (engineering of systems) — когда любой «объект» обзывается «системой», но не используется системный подход во всей его полноте. Под инженерией систем¹⁴ (например, control systems engineering, manufacturing systems engineering) понимаются обычные инженерные специальности, там легко выкинуть слово «система», которое лишь обозначает некий «научный лоск». Предметные (не системные) инженеры легко любой объект называют «системой», не задумываясь об осознанном использовании при этом системного мышления, не используя системный подход. В самом лучшем случае про систему предметные инженеры скажут, что «она состоит из взаимодействующих частей» — на этом обычно разговор про «систему» и «системность» заканчивается, он не длится больше двадцати секунд. Занимающиеся «инженерией систем» очень полезны и нужны, но они не системные инженеры.

А вот из системной инженерии квалификатор «системный» без изменения смысла понятия выкинуть нельзя. Неформально определяемая **системная инженерия — это инженерия с системным мышлением в голове** (а не любая инженерия,

¹³ http://sebokwiki.org/wiki/Systems_Engineering_%28glossary%29

¹⁴ см. проф. Derek Hitchens, «Systems Engineering vs. Engineering of Systems — Semantics?», <http://www.hitchins.net/profs-stuff/profsblog/systems-engineering-vs.html>

занимающаяся объектами, торжественно поименованными системами просто для добавления указания о сложности этих объектов и научности в их описании).

Более длинное определение системной инженерии включает ещё одну фразу: «Она фокусируется на целостном и одновременном/параллельном понимании нужд стейкхолдеров; исследовании возможностей; документировании требований; и синтезировании, проверке, приёме и постепенном появлении инженерных решений, в то время как в расчёт принимается полная проблема, от исследования концепции системы до вывода системы из эксплуатации»¹⁵.

Эта вторая часть определения системной инженерии говорит о том, что делают (а не о чём думают) системные инженеры — то есть речь идёт о практиках, но системный подход проглядывает и тут: целокупность в определении системной инженерии затрагивается многократно — от «междисциплинарности» в первой половине определения до целостности всех действий по созданию системы во второй половине определения, до целостности/полноты проблемы, до охвата всего жизненного цикла системы «от рождения до смерти».

Целокупность (полнота охвата всех частей целевой системы согласованным их целым), междисциплинарность (полнота охвата всех дисциплин) — это ключевое, что отличает системную инженерию от всех остальных инженерных дисциплин. Системного инженера отличают по тому, что он занимается всей системой в целом, а не отдельными частями системы или не отдельными инженерными или менеджерскими дисциплинами.

Системная инженерия поначалу применялась главным образом для борьбы со сложностью аэрокосмических проектов, и она была там крайне эффективна. Для того, чтобы маленький проект уложился в срок и бюджет, нужно было на системную инженерию потратить 5% проекта, что предотвращало возможный рост затрат проекта на 18%. Для средних на системную инженерию оптимально тратить было уже 20% усилий всего проекта, но если не тратить — возможный рост затрат проекта был бы 38%. Для крупных и очень крупных проектов оптимальные затраты на системную инженерию оказались 33% и 37% соответственно, и это для того, чтобы предотвратить возможный рост затрат проекта 63% и 92% соответственно¹⁶.

Как и можно ожидать, системная инженерия в простых небольших проектах почти не даёт эффекта, но оказывается ключевой в сложных и очень крупных проектах: без системного мышления в них допускаются ошибки, которые потом оказывается очень дорого переделывать. Без системного мышления сталкиваться со сложностью оказывается чуть ли не вдвое дороже за счёт дополнительной работы по переделкам допущенных ошибок.

Системные инженеры не прикладывали положения системного подхода к своей основной инженерной работе, а наоборот, к мыслительной базе системного мышления адаптировали все свои инженерные знания. Системные инженеры строили своё инженерное мышление на основе системного мышления.

В результате системным инженерам удалось выполнить сверхсложные проекты —

¹⁵ Вторая фраза в определении системной инженерии из SEBoK: It focuses on holistically and concurrently understanding stakeholder needs; exploring opportunities; documenting requirements; and synthesizing, verifying, validating, and evolving solutions while considering the complete problem, from system concept exploration through system disposal.

¹⁶ Цифры из <http://csse.usc.edu/TECHRPTS/2008/usc-csse-2008-808/usc-csse-2008-808.pdf>

например, они в 1969-1972 году отправили на орбиту вокруг Луны 24 космонавта, а по самой Луне пешком ходили 12 человек¹⁷. Да что там пешком, рекорд скорости по Луне на луномobile составил 18.6 км/час, при этом люди уезжали от ракеты на Луне на расстояние больше 7 километров! Достижения современной космонавтики, думаю, тоже не нужно рекламировать, даже с учётом того, что инженерное развитие в этой области было существенно искажено военными проектами, а инженеры развращены государственным финансированием. Но сложность космических проектов не позволяла добиваться успехов «обычной инженерией». Так, советская школа инженерии не смогла повторить достижений лунной программы, не смогла повторить многих и многих достижений планетарных программ, которых достигли в NASA. Конечно, у отечественной космонавтики есть и отдельные достижения (например, удачные ракетные двигатели), но при росте сложности проекта в целом неудачи начинают резко перевешивать достижения — типа четырёх неудач лунного старта Н-1¹⁸.

Метод работы западных аэрокосмических инженеров — системная инженерия, т.е. инженерия с использованием системного мышления. Системные инженеры (и отчасти программные инженеры) уточняли и развивали положения системного подхода, а самое важное из этих положений попало в международные инженерные стандарты.

В отличие от многих и многих вариантов системного подхода, «системноинженерный вариант» был проверен тысячами сверхсложных проектов, обсуждён десятками тысяч инженеров, унифицирован и доказал свою эффективность на деле. Он не имеет авторства (ибо в его создании участвовало множество людей), он не является «оригинальным исследованием», он не изобретает велосипеды. Он просто отражает всё самое важное, что было накоплено системным движением за десятки лет и оказалось практичным и относительно легко применяемым на практике.

Подробнее про системную инженерию и её вариант системноинженерного мышления можно прочесть в учебнике «Системноинженерное мышление»¹⁹. Наша же книга посвящена версии системного мышления, универсальной для инженеров, менеджеров, предпринимателей, людей творческих профессий.

Вдобавок к инженерам «железных» и программных систем, системным подходом и его стандартами заинтересовались инженеры и архитекторы предприятий (enterprise engineers и enterprise architects), они начали адаптировать применение системного подхода к задачам менеджмента, а потом и к задачам предпринимательства.

Решающим в выборе именно этого варианта системного подхода является его ориентация на человеческую деятельность, на изменение окружающего мира, а не просто на «понимание», «исследования», «анализ». Любой анализ полезен только в контексте последующего синтеза, в контексте изменяющей мир к лучшему деятельности по созданию новых и модернизации уже имеющихся систем.

Системная инженерия прямо в своём определении ссылается на то, что она занимается созданием **успешных систем (successful systems)**, определяемых

¹⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_program

¹⁸ <https://ru.wikipedia.org/wiki/H-1>

¹⁹ http://techinvestlab.ru/systems_engineering_thinking/

как системы, учитывающие многочисленные интересы самых разных людей, затрагиваемых этими системами или затрагивающих эти системы.

Наш учебник представляет тот вариант системного мышления, который изначально ориентирован на создание успешных систем — будь это «железные» системы (самолёт, атомная электростанция), программные системы, биологические системы (клетки и организмы — ими занимается системная биология, геновая инженерия), системы-предприятия (организационные системы), или даже такие нестандартные системы как танец или марафонский бег.

Наш вариант системного подхода

Вариант системного подхода, который мы излагаем в нашей книге, основан главным образом на материале инженерных стандартов и публичных документов, а также стандартов инженерии и архитектуры предприятий: именно оттуда мы брали основные схемы, основную терминологию, и только чуть-чуть адаптировали эти схемы так, чтобы была очевидна их связь друг с другом.

Опора на стандарты важна и потому, что сами стандарты и публичные документы регулярно, раз в несколько лет, пересматриваются. Это позволяет не отстать от жизни, как на десятки лет уже отстали тексты общей теории систем (ОТС), которые во множестве можно найти в книжных магазинах и в Сети даже сегодня. Когда-то устареет и наш вариант системного подхода, но при опоре на регулярно пересматриваемые стандарты и публичные документы это можно будет заметить. При этом **стандарты** и публичные документы проходят примерно одинаковый путь коллективных обсуждений и согласований, разве что **публичные документы** обычно не предполагают способов проверки им соответствия (это характерно именно для стандартов), а служат для других целей — информирования, обучения, предложения терминологии, распространения знаний.

Наш вариант системного подхода опирается на следующие версии стандартов и публичных документов (этот список далеко не исчерпывающий, приведены лишь главные источники²⁰):

- Стандарт **ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes** задаёт само понятие системы и жизненного цикла, различает целевую и обеспечивающую системы, вводит понятие практик жизненного цикла.
- Обобщенный с исключительно архитектурного до полного описания определения системы стандарт **ISO/IEC/IEEE 42010:2011 Systems and software engineering — Architecture description** привносит множественность описаний и деятельностный подход. Это «поворот мозгов» от редукционистского подхода одностороннего описания к системному подходу, подразумевающему множественность связанных описаний,

²⁰ Для многих из этих стандартов есть русскоязычные их официальные варианты в виде ГОСТ, но мы на них не опирались. Во-первых, нас больше интересуют международные, а не национальные стандарты. Мы надеемся, что наш учебник будет использоваться не только в России, и полученные из него знания будут универсальными для разных стран. Во-вторых, переводы международных стандартов для целей их «гостирования» выполняются в порядке хозяйственных договоров без особого внимания к их качеству и гармонизации использованной в разных международных стандартах терминологии. Поэтому мы не используем термины, определяемые переводными ГОСТами. В-третьих, международные стандарты непрерывно пересматриваются, и переводы обычно отстают от текущего содержания стандартов, они доступны только для прошлых неактуальных версий.

находящихся в различных информационных системах.

- Обобщенный от программной до системной инженерии стандарт **OMG Essence 1.1:2015 — Kernel and Language for Software Engineering Methods** задаёт метод описания жизненного цикла и его практик. Этот стандарт также вводит в управление жизненным циклом практику чеклистов/контрольных вопросов.
- Стандарт **ISO 81346-1:2009 Industrial systems, installations and equipment and industrial products — Structuring principles and reference designations — Part 1: Basic rules** используется для минимально необходимого описания структуры и системы обозначения сложных инженерных объектов, задавая принципы кодирования систем и их частей. Это фундамент для управления конфигурацией в ходе жизненного цикла. Кроме того, этот стандарт различает три главных вида описаний: компонентное, модульное и размещений, хотя и в немного другой терминологии — функциональное (functional), продуктное (product) и мест (location).
- Стандарт **ISO 15926-2:2003 Industrial automation systems and integration — Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities — Part 2: Data model** служит для моделирования данных развёрнутых (полных) описаний инженерных объектов. Обеспечивает интеграцию данных различных информационных систем жизненного цикла инженерных объектов.
- Стандарт **OpenGroup ArchiMate 3.0 (2016) Enterprise Architecture Modeling Language** даёт возможность моделировать предприятия, включая их бизнес-архитектуру, деятельность команды, а также поддерживающий эту деятельность корпоративный софт и разнообразное «железо» и компьютерные сети, необходимые для работы этого софта, а также другое оборудование предприятия.
- Публичный документ **NIST PWG Cyber-Physical Systems (CPS) Framework Release 1.0 (2016)** уточняет способы описания для киберфизических систем, вводит классификацию аспектов для стейкхолдерских интересов.
- Публичный документ **Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)** даёт нам определение успешной системы и множество других определений системного подхода.

Мы гарантировали универсальность нашего варианта системного мышления тем, что на деле использовали его для построения не только курса системного менеджмента и стратегирования на его основе, но также для рассуждений о двигательном фитнесе (универсальной готовности к телесному движению²¹), для определения танцевального мышления²².

Наша онтология системного подхода

Можно также сказать, что из инженерных стандартов мы взяли **ОНТОЛОГИЮ**

²¹ «Доклад про системный фитнес», <http://ailev.livejournal.com/1341660.html>

²² «Танцевальное мышление и его развитие», <http://ailev.livejournal.com/1332624.html>

системного подхода.

Онтология — это и наука, отвечающая на вопрос «что есть в мире?» (по-русски иногда говорят «учение о бытии», «учение о сущем»), и конкретный вариант ответа на этот вопрос²³. В этом она похожа на науку логику, по законам которой строятся и булева логика, и темпоральная логика, или на науку геометрию, в рамках которой развиваются теории евклидовой или римановой геометрий на основе разных наборов аксиом. Понимая законы онтологии, мы можем понять и 4D экстенциональную онтологию²⁴, и онтологию виртуальности С.Дацюка²⁵, и христианскую онтологию, хотя они предполагают мир устроенным и описываемым принципиально по-разному.

Пример онтологической проблемы — это вопрос: «что такое американские доллары?». Есть ли они в мире как отдельная сущность, явление, находится ли это явление только в наших головах — всё это онтологические вопросы. Можете поглядеть на список вариантов ответа: физический предмет, абстракция, процесс, вид товара «деньги», валюта, фиатные деньги, единица измерения, запись на счетах. Ответьте на тот же вопрос про биткойн. Чем ответы отличаются онтологически?

Испытываемые вами трудности ровно того же порядка, что и у инженеров, когда им нужно определить для информационной системы в компьютере «что такое номинальный диаметр трубопровода» и как он связан с реальным диаметром, или «что такое техническое присоединение к теплосети». Или у менеджеров, которые пытаются ответить на вопрос «что такое бизнес-процесс» и отличается ли он от «административного процесса», «организационного процесса», «проекта» или «функционального процесса». А когда инженеры и менеджеры доходят до объяснения компьютеру технико-экономической модели, тогда и вопросы про американский доллар и биткойн оказываются вполне относящимся к делу.

Конкретная онтология (а не наука в целом!) — это один из вариантов ответа на вопрос «что есть в мире?». В общем-то, философы и логики придумали множество таких вариантов. Есть ли они вообще в мире объекты, процессы, отношения, вещи, поля? Если есть — то каковы они? Есть ли экскаваторы, торсионные поля, Гарри Поттер, философский камень, вещи, Сатана и боги греческого пантеона, биржевая котировка, благовоспитанность, справедливость, и даже философия и сама онтология? Существуют ли $X=4$, $E=mc^2$, гамильтониан и лагранжиан, метод конечных элементов, бит и байт, модуль упругости и его разные типы? Разные онтологии дают разные ответы на эти вопросы — а онтология как общая дисциплина изучает способы, которыми даются эти ответы.

Мы пока не будем останавливаться на разнице между **онтиками** (наборами фактов о каком-то предмете/предметной области, достаточном для описания этих предметов и связанных с ними ситуаций) и онтологиями (наборами фактов о мире в целом). Много людей называют онтики онтологиями, и пока вокруг нет маститых философов, это вполне приемлемо.

Онтология нашей книги как раз и основана на варианте ответа на вопрос «что есть в мире», который берётся из инженерных и менеджерских стандартов и публичных

²³ Подробности в <https://www.ontology.co/>

²⁴ <http://www.ontospace.uni-bremen.de/pub/BatemanFarrar04-i1-d2.pdf>

²⁵ <http://www.uis.kiev.ua/xyz/tv/tv-book.htm>

документов и предполагает в качестве главного ответа, что мир при этом состоит из систем. Системное мышление дальше исходит из этой предпосылки — освоившие его люди видят в мире самые разные взаимодействующие друг с другом системы, а в разных текстах и изображениях — описания систем. Вот основные понятия онтологии системного подхода, описываемого в нашем учебнике (конечно, мы не будем давать тут определений, они подробно будут описаны в последующих разделах):

Привязка к физическому миру - 4D экстенционализм:

- 4D индивид, занимающий место в пространстве-времени
- Воплощение против описания индивидов
- Изменения (процессы, проекты, кейсы) как 4D индивид
- события как 3D индивид
- функциональный (ролевой) объект как индивид
- софт как 4D индивид (исходный код как описание софта-индивида)
- предприятие как 4D индивид
- полная темпоральная часть индивида
- методологическое время против времени в 4D
- экстенционализм: совпадение двух объектов в пространстве-времени — это один объект
- отношение состава (composition, «часть-целое») в 4D
- холоны (многоуровневая декомпозиция)

Деятельностная субъективность определения системы:

- деятельность (в отличие от действий — критерии культурной обусловленности, повторяемости, «ролевости»), театральная метафора
- стейкхолдер как действующее лицо (роль)
- стейкхолдерский интерес и аспекты
- успешная система

Холархия воплощения системы

- системы против систематики («система Линнея») и методологии («система Станиславского»)?
- холон (уровень системы)
- эмерджентность
- виды систем: целевая, подсистема, использующая, в системном окружении, обеспечивающая
- имя системы (по функции)
- чёрный и прозрачный ящики
- требования, потребности, ограничения, архитектура
- проверка и приёмка

Определение и описание системы

- определение (definition) системы
- рабочий продукт
- описание системы (description)
- потребности (стейкхолдеров)
- частное описание (view)
- метод описания (viewpoint)
- модель, мета-модель, мульти-модель, мегамодель

- прожекторный и синтетический подходы к описанию систем

Компоненты, модули, размещения

- разбиения: компонентные, модульные, размещения
- описания: компонентные, модулей, размещения
- компонента: порт, связи
- модуль: интерфейс, платформа
- размещение
- архитектурное решение, требование, описание
- архитектурный синтез (логической и физической архитектур)

Жизненный цикл 2.0

- жизненный цикл системы, проекта
- стадии жизненного цикла
- практика, метод/методология
- дисциплина
- технология
- вид жизненного цикла, водопад, спираль
- V-диаграмма

Системная схема проекта (модифицированный стандарт OMG Essence):

- альфа, подальфа
- основные альфы: стейкхолдеры, возможности, воплощение системы, определение системы, работы, команда, технологии
- зоны интересов: клиентская, инженерная, предприятия
- состояния альфы как контрольные точки, контрольные вопросы

Эта онтология системного подхода удивительно компактна: самый сложный мир самых разных ситуаций представляется относительно небольшим числом понятий, а сам набор этих понятий выбран так, чтобы мир представлялся менее сложным, чтобы о мире было проще мыслить. Учебник в последующих разделах подробно описывает эту онтологию, связи между всеми её сущностями, особенности проведения рассуждений об этих сущностях и их связях. Именно на эту онтологию опирается инженерное, менеджерское и другое предметное мышление, когда говорят об его опоре на системный подход.

Семантика и описания

Любая онтология, определяющая, что есть в мире, должна быть как-то записана, выражена в каких-то знаках, какой-то терминологии, то есть, представлена как **онтологическое описание**. В обычной речи часто путают «онтологическое описание» мира и саму онтологию. Про описание (*схему* нарезки мира на объекты — карту) говорят как про онтологию (*объекты*, выделяемые в мире — территорию), опуская слово «описание». Разницу обычно можно понять из контекста, но в жизни очень часто путают вопросы «что означает знак X» и «что такое X». «Что такое насос?» — это спрашивают, что означает слово «насос», или спрашивают, что такое «быть насосом» в реальном мире? Пока нам достаточно научиться различать эти вопросы и помнить, что кроме обсуждения самих понятий, онтологии (ответ на вопрос «что такое X»), бывает обсуждение **семантики** — того, как мы связываем знаки/символы/термины с их значением/денотатом и смыслом. Так,

- строчка букв (или произносимые слова) «Королева Великобритании» — это

знак;

- конкретная женщина, которая сейчас королева (и, кстати, имеет много других способов ее описать, кроме строчки букв «Королева Великобритании») — это значение/денотат;
- выражение «единственная женщина, которая сейчас королева Великобритании» — смысл строчки букв «Королева Великобритании».

На конкретную женщину можно указать очень разными способами — тогда знаки и смыслы будут разными, а значение одинаковым. А то, для чего используется конкретный знак/слова/термин в конкретном предложении, коммуникационная задача знака — предмет изучения и формализации **прагматики**, раздела семиотики о том, как связан знак и человеческое поведение (подробнее читайте материалы по теории речевых актов²⁶).

Философы много веков составляли очень неформальные описания мира, их книги были метафоричны, многозначны и мутны. Andries van Renssen²⁷ как-то заметил, что «философы прошлого недорабатывали по части строгости изложения своих философских трудов, задача получения строгого философского знания выпала на нашу долю». В 20 веке к онтологии проявили интерес разработчики программ искусственного интеллекта: их интересовало, как описывать мир настолько однозначно, чтобы даже компьютер мог интерпретировать эти описания. Они и сформулировали новое определение онтологии, чуть-чуть сдвинув акцент на важность онтологического описания: «онтология — это формальное описание/представление разделяемого набора понятий» («An ontology is a formal specification of a shared conceptualization», Tom Gruber²⁸). Эта маленькая путаница привела к тому, что «настоящие онтологи» (которые обсуждают мир) не всегда считают людей, занимающихся компьютерными онтологиями «настоящими», ибо компьютерщики обсуждение вопроса «из чего состоит мир» часто заменяют вопросом «как описывается/специфицируется мир», т.е. обсуждают семантику вместо онтологии.

Терминология

Кроме формальных компьютерных описаний мира и всевозможных прошлых, настоящих, будущих и даже невозможных ситуаций в мире делается и множество описаний мира на естественных языках.

Терминология²⁹ — это семантическая работа в первую очередь с естественным человеческим языком, это наука о словах, которыми обозначают понятия (а не о самих понятиях!). В каждом языке сформировались (или продолжают формироваться) наборы терминов для разных областей человеческой деятельности. И в этих областях термины приобретают значения, т.е. обозначают (они ведь «знаки», поэтому «обозначают») какие-то онтологические, т.е. находящиеся в реальном мире, а не мире знаков, объекты и их отношения.

Очень часто споры между людьми по самым важным вопросам жизни и смерти оказываются всего-навсего спорами о терминах: один и тот же онтологический

²⁶ <https://plato.stanford.edu/entries/speech-acts/>

²⁷ http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:de26132b-6f03-41b9-b882-c74b7e34a07d/its_rensen_20050914.pdf

²⁸ <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>

²⁹ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Терминология>

объект называется по-разному и люди считают, что речь идёт о разных объектах (в философской литературе приводится пример Венеры — в одних странах её называют «утренняя звезда», а в других — «вечерняя звезда»), или наоборот — одинаковые слова означают совсем разные объекты («косил косой с косой косой косой на косе»). В таких спорах о терминах важно уметь формулировать свои представления о мире как ожидаемые наблюдения, использование самих терминов, если о них ещё не договорились, будет бесполезным.

Чтобы не пропасть в таких спорах и не бояться свободы использования разных вариантов терминов для одного и того же, важно научиться различать специальные группы людей — речевые сообщества (speech communities) и сообщества значений (semantic communities). Это различие подсказывает нам стандарт Semantics of Business Vocabulary and Rules (OMG SBVR)³⁰.

Людей в **речевом сообществе** объединяют естественный язык (русский, японский, немецкий и т.д.) и специальное подмножество словаря этого языка — терминология конкретной предметной области. Специальная терминология чаще всего изучается по каким-то учебникам, осваивается в непосредственном общении, или берётся из словарика определений какого-то стандарта, предпочитаемого теми или иными профессионалами (например, инженеры могут настаивать на использовании терминологии из ГОСТ 34.320-96, ISO/IEC/IEEE 15288 и т.д.). Поскольку разных сообществ профессионалов много — инженеры (они тоже бывают самые разные: инженеры-строители, инженеры-программисты, биоинженеры и т.д.), менеджеры, юристы, кадровики, врачи, актёры, танцоры — речевых сообществ даже для одного естественного языка можно обнаружить множество. У всех есть свои предпочитаемые наборы терминов из разных стандартов или учебников, и достичь однозначного соглашения по терминологии даже в области общих интересов очень трудно.

Сообщество значений (semantic community, семантическое сообщество) — это совокупность людей, которые одинаково понимают значение терминов, т.е. обозначаемые терминами окружающие предметы и явления. Например, все те, кто знает о существовании автомобилей и не путает автомобиль с трёхколесным велосипедом и газонокосилкой.



Когда люди общаются, они используют какую-то конкретную терминологию,

³⁰ <http://www.omg.org/spec/SBVR/>

выбирают слова для коммуникации. Но интересно-то обсуждать им именно предметы и явления реального мира, то есть значения терминов, их семантику. Семантика — это наука о связи разных обозначений, символов (слов из разных языков или кодов, то есть сочетаний цифр и букв) с общими для разных людей и ситуаций значениями из реального мира, поэтому мы и переводим semantic community как «сообщество значений».

Не нужно путать «значение» со «смыслом». Смысл текста, сообщения, иной информации определяется той ситуацией, в которой используется эта информация. Смысл — это про то, что надо делать, получив информацию, смыслом занимается прагматика. Если семантика — про внеситуационную связь символов с их значением, то прагматика — про ситуационную связь символов с их значениями. Упавшая на землю перчатка в некоторых ситуациях должна быть поднята и возвращена владельцу (владелице), но в других ситуациях такая же перчатка, упав на землю, имеет смысл вызова на дуэль.

Итак, термин — это всегда только слово. То, что этим словом обозначается, мы обычно называем **понятие**, концепт. Если люди в мире видят одинаковые понятия — они принадлежат к одному сообществу значений. А использование одинаковых терминов для определённых понятий означает принадлежность к одному речевому сообществу. Сообщество значений всегда разбито на речевые сообщества.

Никогда не видевшие автомобиль люди племени мумба-юмба вообще не входят в сообщество значений для понятия «автомобиль». Однако не знающие чужих языков люди не смогут договориться, если один будет требовать «car», а второй — переспрашивать про «автомобиль». Но даже инженер по холодильным установкам может на секунду задуматься, когда таксист спросит его «Машина нужна?» Вспомним, что во времена СССР компьютер назывался ЭВМ (электронно-вычислительная машина), а теперь уже «компьютер». Значение не поменялось, поменялась речь — то есть поменялся термин, слово-обозначение. И речь-слова меняется много быстрее, чем означаемые ими предметы-значения: слово «тачка» уже выходит из моды для значения «автомобиль» как «недостаточно сленговое» в определённых кругах и постепенно заменяется там словом «тачило».

Профессиональные сообщества часто являются и речевыми сообществами, однако терминология может существенно отличаться не только для разных профессий, но и для разных подпрофессий внутри одной профессии. То, что называется «программным средством» для системных аналитиков, работающих по ГОСТам, будет «приложением» для продавцов иностранного софта, или «софтиной» для разработчиков.

Если невозможность договориться о терминах становится реальной проблемой, мешающей реализации проекта — к её решению есть разные подходы:

- Терминологический фашизм, когда только один термин объявляется правильным, а все остальные — неправильными (сравните с «Grammar nazi»³¹). У этого подхода есть много вариантов — безусловно требовать единственности используемого термина (отсутствия синонимов для термина), требовать ещё и соответствия принятым стандартам (определённым ГОСТам, например, а не учебникам или другим ГОСТам), требовать использования

³¹ http://lurkmore.to/Grammar_nazi

отечественного корня в слове («мокроступы» вместо «галоши»), настаивать на соблюдении традиций («калоши», но никак не «галоши»), игнорировать современные нормы («кофе» только мужского рода, хотя уже давно даже по словарям можно и среднего).

- Терминологический пофигизм, когда на слова вообще не обращают внимания. Можно просто определять, как в математическом тексте, в начале каждого документа, «Т — ниже будет означать то-то». Никаких «заведомо правильных вариантов» или ссылок на авторитетные источники. При этом, если значение слова меняется по ходу разговора, это часто вообще не отслеживается, речь оказывается «не строга».
- Строгость значений с разрешением синонимии разных терминов, обозначающих одно понятие. При таком подходе обычно очень долго договариваются, какое именно понятие имеется в виду, а затем уже используются любые слова-термины для указания на оговорённое понятие. При этом вполне допускается использование терминов, предпочитаемых разными профессиональными-речевыми сообществами. Более того, можно и не пользоваться точными терминами, если будет понятно значение. Так, при обсуждении автомобиля вполне можно обзвать его «самобеглой тележкой», и это не будет преступлением, если адресат сообщения поймёт, о чём речь.

В нашей книге будет использоваться подход, добивающийся строгости понимания значений, при возможном использовании обозначений-синонимов. Назови хоть горшком, хоть используй пять терминов из пяти разных стандартов на трёх языках — но договорись о том, какое именно понятие/concept/значение ты имеешь в виду: собеседники должны понять не термин, а что ты под этим термином подразумеваешь.

Когда будут указываться несколько терминов-синонимов, они будут писаться через слеш: программное средство/приложение/софтина. А на то, что у каждого из этих синонимов немного разные оттенки значения, мы внимание обращать не будем.

Критика такого подхода тоже не редкость: «Как вы можете учить людей, когда одно и то же обозначаете разными словами? Вы должны выбрать один термин, и затем использовать в книге для обозначения какого-то понятия только его! Так всегда делают в учебниках!». Ответ на эту критику прост: в жизни вы имеете все шансы встретить людей, которые обозначают понятия не теми терминами, которые введены в книгах. Так что наша книга будет вас тренировать на различение понятий и терминов: обращайтесь внимание — вас не просто учат новым словам, не просто заставляют зубрить терминологию. Вам стараются дать знания о понятиях и их связях. Под какими бы словами-терминами эти понятия ни скрывались.

Наука традиционно порождает новые термины (обозначения для появляющихся новых понятий) двумя способами:

- Бралось обычное (“бытовое”) слово, и нагружалось специальным (“научным”) значением. «Работа» в физике — отнюдь не «работа» в бытовом значении этого слова. Это самый частый способ, но он легко приводит к путанице со словами из бытовой речи.
- Чтобы сделать речь точнее, термином делалось слово, для которого в бытовой речи не было известных значений. Для этого необычное для родного уха слово бралось из иностранного языка (чаще всего — с греческим или

латинским корнем) и нагружалось специальным значением. Сегодня в русском языке прихватываемым словом может быть английское слово, а не латинское или греческое — в русском-то оно бытового значения не имеет.

У нас в книге термины выбраны (в том числе при переводе иноязычных текстов — стандартов, методик, учебников) для максимизации понятности их употребления в деятельности. При выборе терминов учитывалось: кто поймёт это слово, из какого он речевого сообщества? Как пользователь создаваемой терминологии отнесётся к чуждому для него жаргону «экспертов» из другого речевого сообщества? Это другой принцип, нежели «взять термины из близкого авторам стандарта и игнорировать все другие варианты».

Вот пример из проекта «Архимейт по-русски»³², в котором переводилась на русский язык терминология стандарта OpenGroup ArchiMate 2.0. Архитектурные диаграммы для проектов информатизации бизнеса составляются айтишниками совместно с не-айтишниками (людьми из бизнеса), ибо именно не-айтишники должны решать — что в их деятельности должно быть поддержано или изменено в ходе проекта. Окончательные решения по финансированию проектов информатизации на основании архитектурных документов принимает директор-не-айтишник. Это означает, что при переводе лучше использовать слова/термины, понятные не-айтишной части сообщества значений, а айтишники, как речевое сообщество, к этому приспособятся. Поэтому *software application* стало «программой» (а не «приложением»), *business actor* — «людьми» (а не «бизнес-агентами» или «актерами», которых по незнанию можно и с программой перепутать). Профессиональные айтишники сначала возмущаются подобным «терминологическим произволом» (ибо это термины не их речевого сообщества), но после получения опыта обсуждений с менеджерами и клиентами с использованием «депрофессионализированной» терминологии говорят: «спасибо, такой перевод нам помог договориться».

Примерно так же «неайтишно» мы перевели и сам термин *semantic community*: для специалистов из речевого сообщества лингвистов (или даже айтишников) привычнее бы звучало «семантическое сообщество», и мы несколько страниц назад давали определение слова «семантика», но мы попытались дать шанс что-то понять и неспециалистам из других речевых сообществ.

Вы уже обратили внимание, что тут всё время используется жаргонное слово «айтишник», а не «программист» — ибо нас заботит не только красота речи и привычные термины, но и семантика, как можно более точное указание на значения терминов в реальном мире. Ведь «программист» более узкий термин, чем «айтишник». Администратор базы данных, модельер данных и инженер данных, системный администратор, IT-архитектор, электронщик — все они не программисты, но айтишники. Можно было бы слово «айтишник» заменить словом «компьютерщик» — кому-то это было бы ещё понятней. С учётом всего этого мы могли бы написать программист/айтишник/компьютерщик — чтобы никому не было обидно и было бы понятней, какое значение всех этих терминов мы имеем в виду.

Бывает и так, что определённый термин, значение которого очень легко понять неправильно, уже закрепился в языке узкой профессиональной группы. Например, таков перевод «управление» для термина *governance*. В таких случаях в данном курсе будет использоваться наш собственный вариант, который ведёт к меньшему

³² <http://ailev.livejournal.com/988360.html>

числу ошибок понимания. Например, *governance* будет переводиться как «подконтрольность» или «поднадзорность», и никакие словари и стандарты тут не указ. Если какой-то процессный стандарт (например, системноинженерный ISO 15288) под словом *process* имеет в виду «практику» (характерной для процессов развёртки во времени в этом «процессе» из ISO 15288 нет, там перечисляются именно «практики жизненного цикла»), то в нашей книге это будет «практика», а не «процесс». Если вы попали в речевое сообщество «процессного подхода», смело используйте слово «процесс» вместо слова «практика» — но знайте, что при этом вы теряете информацию по различению процессов и практик, и речь ваша будет время от времени вызывать недоумение.

Очень часто за одним и тем же термином даже в одном речевом сообществе оказывается закреплено множество разных значений, поэтому уточнить значение даже очень распространённого термина никогда не бывает лишним. Например, Andries van Renssen выделил³³ следующие часто используемые значения для термина **«функция»** (*function*):

- подтип активности (поведения), процесса или события;
- некая сущность, находящаяся в определённой роли или сделанная для определённой роли;
- сама роль сущности (обычно это роль физической вещи), участвующей в активности (поведении) [Играемая роль и сущность, играющая роль — это разное! Роль - Гамлет, сущность - Высоцкий];
- указание на корреляцию, обычно как на физическую связь между какими-то аспектами: «если высота растёт, то давление падает»;
- математическое отношение между числовыми объектами, определяющее их отображение друг на друга/mapping.

Ещё один пример — что может подразумеваться под часто встречающимся в информационном моделировании отношением «мета»? При обсуждении одного из языков моделирования данных (MOF, *meta-object facility*) было обнаружено, что слово **«мета»** (*meta*) используется в шести разных значениях, выражая шесть разных типов отношений³⁴:

- экземпляризация (отношение типа и экземпляра);
- группирование (отношение типа и подтипа), оно же категоризация (философская, а не из теории категорий, термин «категория» любим самыми разными речевыми сообществами, и обозначает в них разное!);
- описание (отношение описания и описываемого объекта);
- применение/стереотип (отношение шаблона и его воплощения);
- варьирование (отношение основной модели и кастомизированной);
- реализация (отношение абстрактного синтаксиса и соответствующего ему выражения).

³³ стр. 79 в http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:de26132b-6f03-41b9-b882-c74b7e34a07d/its_rensen_20050914.pdf

³⁴ слайд 8 в подробной презентации <http://jtc1sc32.org/doc/N1751-1800/32N1764-WG2-Tutorial-OnMOF-forSC32.ppt>

Поэтому каждый раз, встречая слово «мета» нужно разбираться, что именно из этих шести значений имелось в виду. Так что никогда не закливайтесь на выбранных другими конкретными словами-терминах, слова как цепочки букв никогда не выражают всю истину. Каждый раз пытайтесь понять, о чем в действительности идёт речь, какое значение слова имелось в виду в каждом конкретном случае. Использование терминов из стандартов не гарантирует однозначного понимания собеседником, но и использование многозначных слов не обязательно ведёт к сложностям.

В этой книге не будет попыток дать точные определения и выбрать правильные термины. Мы постараемся передать понимание наиболее важных понятий и предложить разные слова, которыми их можно обозначать. На вопрос «сколько будет дважды два» будут приниматься ответы и IV, и 4, и «четыре», и four. Но не нужно обольщаться: ответы «горшок», 5, «per aspera ad astra» — приниматься не будут.

Формы мышления

Эпистемология³⁵ — это наука, отвечающая на вопрос «что вы знаете» (по-русски при этом часто говорят о гносеологии, «теории познания», с упором на «как вы узнали то, что вы знаете»), в ней анализируется природа и возможности знания и познания, его границы и условия достоверности, отношение знания к реальности.

Знание в отличие от «просто фактов» — это то, что можно использовать в разных ситуациях, что можно взять с собой из проекта в проект. **Факты** же могут характеризовать конкретные проекты и объекты в них. Знание о метрах как единицах измерения общее для всех проектов. Длина пути в каком-то проекте 14 метров — это нельзя применить к другим проектам, так что это не «знание», это просто «факт».

Мышление о мире с необходимостью включает в себя знание об объектах мира — эпистемология обсуждает, как это знание можно получить и насколько этому знанию можно верить, а онтология что-то может сказать о том, каковы эти объекты. Логика затем помогает как-то оперировать с этим знанием — и помним, что логика науки и инженерии совсем необязательно булева, она имеет вероятностную компоненту (опираясь при этом на байесово понимание вероятности, а не частотное!), и поэтому может использовать и эвристические («неформальные формализмы», неточные правила) рассуждения³⁶.

Тем самым мы должны ещё задать вопрос: как мы получили знание о системах, обязательно ли это знание формально (выражено в символической форме, доступной для строгого логического вывода), или оно неформально, т.е. образно и интуитивно? Получено ли это знание умозрительно, только в результате размышлений, или были проведены какие-то эксперименты и знание обобщает их результаты? Эпистемология не так популярна, как онтология, но когда речь заходит об обучении каким-то знаниям, без неё не обойтись.

Главное, что нужно тут обсудить — это наличие и важность полностью неформального, интуитивного и невыразимого словами и иными знаками знания. Тем более что сегодня такое знание могут иметь не только люди, но и компьютеры, запрограммированные для работы в рамках коннекционистской парадигмы.

³⁵ <http://ponjatija.ru/taxonomy/term/2863>, <http://www.iep.utm.edu/epistemo/>, <https://plato.stanford.edu/entries/epistemology/>

³⁶ См. литературу в пунктах 1 и 2 <http://ailev.livejournal.com/1311261.html>.

Современные достижения искусственного интеллекта связаны с развитием именно «компьютерной чуйки» (а не развития логических языков программирования) в рамках машинного обучения в целом и направления глубокого обучения (deep learning) в частности.

В коннекционистской (connectionism) парадигме³⁷ знание представляется существующим не как набор связанных какими-то отношениями понятий, а как распределённое по множеству определённых простых однородных элементов (часто нейронов в нейронных сетях как искусственных, так и естественных).

Человеческий мозг для мышления использует нейронную сеть, а не логический вычислитель, действующий по законам аристотелевой логики. Современные системы машинного обучения тоже начинают использовать для своей работы похожие принципы, и к ним применяются отнюдь не традиционные наработки для знаний, понимаемых как формальные модели. Объединение методов формальной, «научной» работы со знаниями и методов «неформальной» интуитивной работы в нейронных сетях (искусственных или естественных, в мозгу человека — это тут неважно) представляет собой научный и технический фронт, мы не будем касаться этих вопросов в нашей книге³⁸. Но нужно понимать, что когда говорят про человеческие «интуицию» и «чуйку», то имеется в виду именно такое мышление³⁹.

Мы в нашей книге исходим из того, что мышление «бибинарно»⁴⁰ (би — это умножающая приставка от латинского bis, «дважды»), т.е. дважды двойное:

1. По шаблонам — нешаблонное

1.1. «Культурное» мышление, следующее лучшим цивилизационным образцам, шаблонам (patterns), использующее накопленное человечеством знание и одновременно

1.2. нетронутое какой-либо культурой, шаблонами «дикое» мышление, которое приходит новыми путями к выводам, потенциально каких цивилизация ещё не знала, паттерны чего ещё не различала.

В нашей книге мы делаем упор на культурную часть системного мышления, пытаемся взять в нём самое важное, отмоделировать и передать пытающимся освоить его людям. При этом мы понимаем, что в реальной жизни приходится всё время выходить за рамки имеющегося знания, давать ответы на вопросы, которые в учебниках (в том числе и нашей книге), стандартах, публичных документах и даже научных статьях ещё не рассматривались.

2. Знаковое-незнаковое (формальное-неформальное)

2.1. Формальное мышление (дискретное), опирающееся в своих приёмах на строго определённые дискретные объекты какой-то конкретной онтологии. Это мышление состоит в выражаемых знаками (symbols) классических логических рассуждениях. Но одновременно

2.2. мышление непрерывное, коннекционистское, опирающееся на объекты, определённые лишь статистически, вероятно, без их

³⁷ См. подробнее в <http://ailev.livejournal.com/1228029.html>.

³⁸ Подробности можно найти литературе по ссылкам тут: <http://ailev.livejournal.com/1283541.html> и в более популярном изложении тут: <http://ailev.livejournal.com/1281819.html>.

³⁹ <http://ailev.livejournal.com/1295595.html>

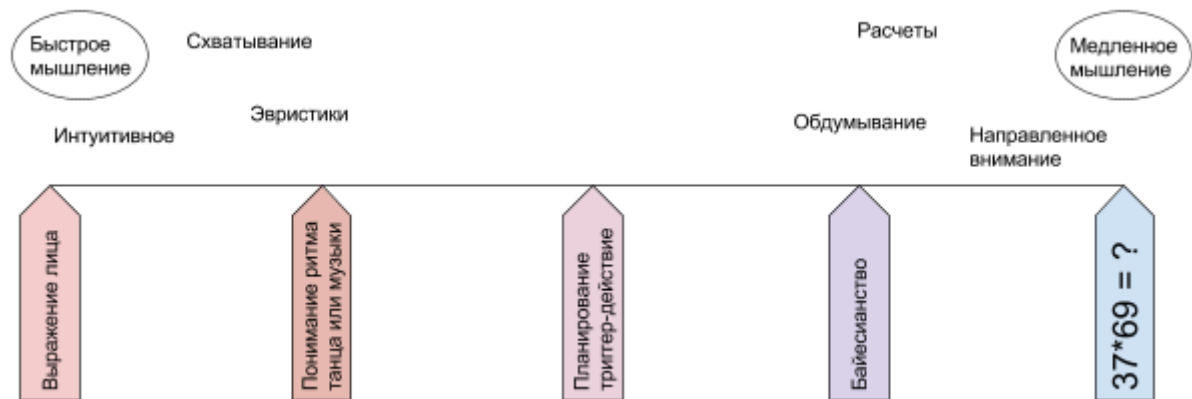
⁴⁰ <http://ailev.livejournal.com/1305176.html>

знакового выражения и интуитивно проводимое эвристическое (т.е. необязательно формально верное, но применимое в большинстве случаев, хотя и не во всех) рассуждение. Правила такого рассуждения тоже могут быть не формализованы.

В нашей книге мы делаем упор на формальное системное мышление, дискретные знаковые представления о системах, но понимаем, что в реальной жизни приходится в существенной мере опираться на автоматизмы мышления, использующие интуитивные непрерывные представления, и это зачастую даёт огромные преимущества. Например, формальные (дискретная логика) рассуждения для разных конкретных онтологий и отдельных предметных онтик принципиально (т.е. формально-логически) несопоставимы, но их можно как-то объединять в коннекционистских (непрерывных) представлениях.

Мышление, о котором мы говорим в нашей книге, появляется там и тогда, где и когда нужно решать проблемы — что-то, что непонятно как решать. Это «медленное» рассудочное мышление. До этого момента можно не мыслить, можно заимствовать какие-то типовые решения, использовать уже имеющиеся знания, «на автомате». Даниэль Канеман утверждает⁴¹, что у человека есть два механизма мышления: быстрое малозатратное интуитивное и медленное трудоёмкое, включающееся при появлении каких-то проблем при использовании «быстрого» интуитивного мышления.

По факту речь идёт о целом спектре мышления от интуитивного неформального через вероятностное (с какими-то оценками этих байесовских вероятностей по самым разным источникам априорных свидетельств и данных эксперимента) к классическому формальному на основе математической логики. Вот схема Прапион Гайбарян, иллюстрирующая этот полный спектр:



Обычно интуитивные догадки на уровне «ощущений» вытаскиваются в качестве явно сформулированных эвристик, а эвристики проверяются статистическими методами, или в случае большой удачи формальными методами. В случае подтверждения догадок формальное медленное мышление о каком-то типе задач потом можно натренировать (в ходе решения множества задач) так, что оно становится автоматическим и «интуитивным», не требующим особых мысленных усилий, решение этого класса задач перемещается из части спектра с «обдумыванием» и «направленным вниманием» в зону быстрого интуитивного без

⁴¹ Даниэль Канеман, «Думай медленно... Решай быстро», https://ru.wikipedia.org/wiki/Думай_медленно..._решай_быстро

особого задействования дорогого ресурса сосредоточенности — но при этом оно из интуитивного «дичкового» становится уже интуитивным «окультуренным», следует проверенным медленным внимательным мышлением образцам.

Но и медленное мышление при всех его достоинствах может испытывать содержательные проблемы, даже когда люди готовы тратить на него достаточно времени. Хорошо сформулированная проблема обычно содержит в себе явное формальное противоречие, которое необходимо «снять» — только в этот момент включается мышление, только в этот момент нужно «сесть и подумать» (а не «вспомнить и применить»). Иногда говорят, что мышление появляется тогда, когда нужно «перевести проблемы в задачи», т.е. создать список работ, которые понятно как выполнять, и которые вместе решают проблему, снимают противоречие, убирают коллизии.

Решение проблем путём формулирования и снятия противоречий (коллизий) присуще и теории ограничений Элияху Голдратта («грозовая туча»⁴²), и методологии ТРИЗ Генриха Альтшуллера⁴³, и системомыследеятельной методологии (школа Георгия Щедровицкого⁴⁴). Все эти школы мысли утверждают, что они основаны на системном подходе, отсюда и общность мыслительных приёмов.

Системное мышление ничего не говорит про то, как снимать противоречия. В нашей книге нет никаких «методов творческого мышления», таблиц решений, способов проводить мозговые штурмы, приёмов развития воображения. Чудес не бывает, думать тут приходится не меньше и не больше, чем в любых других школах мысли. Системное мышление позволяет удерживать видение всей системы в целом при решении проблем, не терять за деревьями леса, не терять за листьями дерева.

Системное мышление позволяет целенаправленным образом находить противоречия, требовать их решения, документировать эти решения. При этом само системное мышление развивается по мере его употребления в разных его предметных специализациях: системной инженерии, системном менеджменте, системной химии, системной биологии и т.д.

Есть и другие, менее распространённые специализации системного мышления. Например, есть специализация системного мышления для танцевальной импровизации Viewpoints⁴⁵, на системном подходе также основан текст «Танцевальное мышление и его развитие»⁴⁶.

Во всех этих многочисленных специализациях системного мышления накапливаются знания по типовым инженерным, менеджерским, танцевальным и т.п. решениям, поощряется задействование опыта этих инженерных, менеджерских или танцевальных решений. Но когда вам нужно что-то делать впервые в мире (как когда-то летели на Луну, а сейчас в SpaceX делают первые возвращаемые на Землю повторно используемые ракетные системы), то есть два варианта — изобретать что-то беспорядочно, «по интуиции», или мыслить системно, чтобы как-то последовательно ставить и решать проблемы, находить и решать противоречия, снижать риск забыть что-то важное в многолетнем проекте.

⁴² https://en.wikipedia.org/wiki/Evaporating_Cloud

⁴³ https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_решения_изобретательских_задач

⁴⁴ <http://www.fondgp.ru/>

⁴⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/Viewpoints>

⁴⁶ <http://ailev.livejournal.com/1332624.html>

Системное мышление помогает поделить решение проблемы между разными людьми в команде (более того, часто решение принципиально не может быть найдено одним гениальным человеком, требуется работа больших коллективов). Для этого системные инженеры, менеджеры, предприниматели, танцоры и другие члены команды явно обсуждают метод своей работы. При этом они не просто «генерируют основные инженерные, менеджерские, творческие решения», а «создают архитектуру системы»: основанный на системном подходе профессиональный язык системных инженеров, менеджеров и даже танцоров, позволяет быстрее, чем на бытовом языке, договариваться о том, что в каком порядке делать при постановке и решении многочисленных задач в ходе создания самых разных систем — космических кораблей, организаций, танцев, т.е. всего того, что делают люди.

Итого: системное мышление ничего не говорит про содержание мышления, только про его форму. Более того, развиваемые на его основе дисциплины (системная инженерия, менеджмент и т.д.) делают всё, чтобы и не нужно было много мыслить, а чтобы было можно просто применять в проекте уже известные технические, менеджерские, творческие решения. Мощь системного мышления будет проявляться в тот момент, когда известных типовых решений не будет и нужно будет делать **первую из нового вида** (first of a kind, FOAK) систему, или обходить какие-то жёсткие ограничения, которые не встречались раньше, или избегать каких-то часто встречающихся ошибок в деятельности — например, не забывать в суете выполнения какой-то работы подумать о чём-то важном, для чего нужно заранее знать — что именно является важным.

В нашей книге обсуждается только форма для мышления: взятая из стандартов и публичных документов и только слегка авторски доработанная системная онтология. Но в книге ничего не говорится про содержание мышления, оно уникально для каждого проекта. И даже если вы второй раз будете делать какой-то похожий на первый проект, то мышление ваше по содержанию уже будет другим: вы получите какой-то опыт выполнения проекта, у вас будут какие-то новые мыслительные интуиции.

Можно ли научить мышлению?

Знания системного мышления в голову укладываются ступенечками, от простого к сложному. Как выделить такие ступеньки? Что нужно тренировать, какую непривычную мозгу мыслительную работу делать привычной?

Тут мы должны ввести понятие **контринтуитивности**. Мы живём в интуитивно понимаемом мире. Наши мозги ездят по интуитивным, неведь откуда взявшимся мыслительным рельсам «быстрого мышления» по Канеману, как трамвай — одним и тем же маршрутом. Мы родились, постепенно откуда-то у нас эти рельсы в мозгу проложились, и мышление по ним ездит, и ездит обычно мимо известных цивилизации эффективных современных способов решения задач, делая невозможным решение задач сложных. Эпистемологическое вопрошание заставляет задуматься: а откуда у нас появляются интуиции, откуда мы знаем, что именно так нужно мыслить? Рефлексия (осознанность по отношению к прошлым ситуациям мышления) заставляет предположить, что могут быть и другие варианты, кроме интуитивных — контринтуитивные.

Вот, посмотрел в окно — а там земля плоская. Когда нам говорят, что Земля

круглая, что мы отвечаем? «Это неправда, посмотрите в окно». Нам отвечают: «вы что, Земля круглая, потому что если посмотреть за горизонт...», но мы упорствуем: «Вы рассказываете много всего лишнего, что там за горизонтом, но за горизонтом всем видно, что ничего нет. Не нужно говорить про далёкий горизонт и что за ним, давайте говорить про Землю, вот же она — Земля плоская». Вся жизненная интуиция показывает, что Земля плоская, люди по ней ногами ходят, и уж ноги-то точно знают, что Земля не круглая! Но каким-то людям, которых заботят масштабы не только 10 километров, но и 1000 километров, в голову откуда-то приходит мысль про «Земля — круглая», они начинают так мыслить. Через некоторое время выясняется, что кроме Земли ещё и Космос с его вакуумом есть, космические корабли там летают «всё время падая, но никогда не падая». Вот это уже непонятно, потому что при идее плоской Земли летание космических кораблей по кругу с достаточной скоростью, чтобы не падать никогда — это понять невозможно. Мысль о круглой земле контринтуитивна, она не соответствует «народной теории» (folk theory) плоской земли.

Слово «контринтуитивность», в котором можно и нужно услышать «антинародность», важно. Каждый раз, когда появляются проблемы с пониманием того, как работают гении, обладающие каким-то искусством, которое никто не может понять и после понимания повторить и улучшить, можно ожидать найти что-то глубоко контринтуитивное. Трамвай мысли у гениев идёт по совсем другим рельсам, нежели проложены в мозгу большинства людей. Найти эти другие рельсы в чужом мозгу, проложить их в своём мозгу и пустить по ним свой мозговой трамвай обычно очень трудно.

Гений почему-то, сам часто не осознавая, сделал что-то совсем не так, как все остальные, он просто начал что-то делать в противоречии с интуицией всех остальных, и у него начало получаться. А все остальные действуют интуитивно, «по-народному», «как все», и у них не получается. И пока на уровень сознания гения, или тех людей, которые пытаются от моделировать мышление гения, не вышло, в чём именно эта контринтуитивность, вы не можете передать это знание другим людям, не можете никого этому знанию научить.

Вы не можете научить системного инженера, системного менеджера и даже танцора, если вы не знаете на уровне сознания, что он должен делать в ходе своей деятельности, что он должен думать. Вы не можете человека научить стать просветлённым за определённое время, если вы не понимаете, в чём именно содержание просветления. Чем отличается искусство от технологии? В искусстве — один раз свезло, вдохновение было, получился шедевр. Другой раз не свезло, вдохновения нет, не будет шедевра. В инженерии («железной», программной, предприятия, и даже танцев) мы так не можем, нам нужно работать, нам нужны практики мышления, дающие неизменно превосходный результат.

Пожелания «не стеснять свободу творчества шаблонами» тут не подходят: люди, массово выдумывающие мыслительные велосипеды, с большой вероятностью получают не самое лучшее решение. Аргументы «творчества вместо шаблонов» верны только для единичных гениев, в большинстве же других случаев шаблонные мыслительные решения обеспечивают качество при минимизации умственных усилий. Опять же, гением называют не всех «творцов», а только тех, которые предъявляют качество мышления лучше, чем по лучшим известным на текущий момент (state-of-the-art) мыслительным шаблонам — и дальше уже их решения становятся шаблонными. Эти вновь появляющиеся в цивилизации шаблоны

хорошего мышления нужно сразу делать явными, документировать (желательно в форме учебных курсов как адекватной форме документирования мыслительных практик).

Как передаётся неотрефлексированное, неосознанное искусство или ремесло? Ученик смотрит на десятки, тысячи, сотни работ мастеров, научается понимать сленг профессионалов как научаются родному языку (без учебников и словарей, просто «из разговоров»), постоянно смотрит, как работают настоящие мастера и пытается это копировать — прямо по пословице «обезьянка видит, обезьянка делает» (monkey see, monkey do). Далее у трёх из десяти учеников в голове появляются какие-то правильные рельсы для трамваев их профессиональных мыслей, и они начинают мыслить быстро и делают мало ошибок. А у семи из десятка — не появляются, и они делают много ошибок. Обучение искусству или ремеслу — это не обучение в классическом смысле слова.

А нам надо, чтобы девять из десяти могли научиться (вполне можно представить, что будет один неспособный на десяток человек, но не семеро из десяти). Это означает, что мы должны взять для обучения такое контринтуитивное знание, которое само не может быстро прийти в голову ученикам, сделать его минимальное компактное и понятное описание, а затем его каким-то образом передать ученикам, чтобы оно вошло им в голову. Вопрос: бывает ли такое в тех областях, которые традиционно считались «искусством», и которым считалось, нельзя научить рационально? Да, бывает, сплошь и рядом! Это и есть путь западной цивилизации: превращать «искусство» (в том числе искусство мышления) после его моделирования и рационализации в быстро передаваемое от человека человеку в ходе структурированного обучения мастерство.

Когда вы находите правильные объекты и правильные мыслительные операции, и правильные упражнения — то ученики после обучения даже не будут понимать, что им было трудно делать до обучения. Они будут неспособны вспомнить, по каким рельсам катилось их мышление до обучения, и поэтому они будут изумляться поведению необученных новичков, включая собственное поведение в период до освоения той или иной практики. Спросите ребёнка, почему он очень плохо умножал всего год назад — он не сможет объяснить, почему. Сейчас умножение для него вполне естественно, и не требует напряжения всех его умственных сил, как это было год назад.

Назовём это свойство прохождения какого-то порога понимания **метанойей**. Слово удивительное, попробуйте его написать в разных падежах, да ещё и во множественном числе, получите очень интересные эффекты. Это слово пришло из религиозных практик и означает «перемену мыслей», полный разрыв прошлого и текущего мышления. Ты занимаешься, занимаешься в какой-нибудь семинарии, и вроде как мышление у тебя не так поставлено, как это ожидают от тебя священники. Потом вдруг в какой-то момент щёлк — и ты демонстрируешь всем, что вот у тебя такое же мышление, как это принято у священнослужителя, с этого момента ты «настоящий», а не притворяешься. Вот слово это — метанойя, такой малый западный вариант просветления. Слово «метанойя» рекомендовал использовать вместо слова «обучение» гуру менеджмента Peter Senge, ибо слово «обучение» с его точки зрения уже совсем затасканное и не означает коренную смену образа мышления в результате обучения.

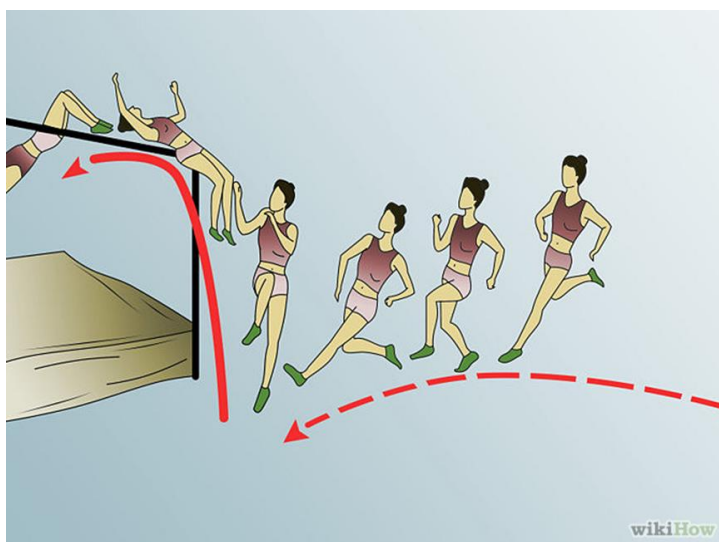
Когда метанойя произошла, то в новом состоянии его мышления, с «новыми

рельсами в мозгу» человеку совершенно непонятно, в чём была проблема раньше, «со старыми рельсами». Представим: я знаю, что Земля плоская, я долго спору, что Земля никак не может быть круглая, но меня в какой-то момент в этом убеждают. И я каждый раз в своих проектах сначала автоматически действую, как будто Земля плоская, потом усилием воли вспоминаю, что рационально вроде бы она должна быть круглая, потом делаю это уже на уровне рефлекса, и при этом вижу тысячу свидетельств этой круглости Земли. И вот в этот-то момент я уже не могу понять, почему я считал, что Земля плоская. Рационально вспомнить, что я когда-то считал Землю плоской, я могу. Но понять, как я перешёл из состояния знания «интуитивной теории» в состояние владения «контринтуитивной теорией» я уже не могу. И поэтому я не могу осознать те учебные действия, которые нужны для того, чтобы я добивался этой метанойи круглости Земли у своих учеников. Но сам факт обращения внимания на эту прошедшую метанойю даёт шанс разобраться. Работа по составлению правильных упражнений для получения такой метанойи у учеников — это трудная работа, но возможная. Создание адекватного учебного курса по уже имеющейся теории вполне может занять пару-тройку десятков лет, а если кроме самих упражнений нужно создать ещё и новую теорию, то и сотен лет, как это было в случае перехода от птолемеевского к коперниковскому пониманию движения планет. Все эти рассуждения про трудность создания теории и учебного курса в полной мере относятся и к системному мышлению.

Особое внимание нужно обратить на то, что речь идёт об обучении не любым практикам, но «контринтуитивным», которым мозг сопротивляется особо, он же в этом случае «интуитивно знает», как должно быть, и активно сопротивляется новому знанию! Заново чему-то обучить много легче, но если уж вы уже подхватили где-то «народную интуицию», то научить вас чему-то более эффективному новому будет весьма проблемно: вам придётся пройти метанойю, а это требует наличия как-то документированной модели целевого мышления, организованной в учебный курс последовательности упражнений, времени для прохождения этих упражнений, а также недюжинной воли — ибо вся интуиция учеников будет показывать, что учат-то какому-то безумию! Шансов пройти эту метанойю «самоучкой» практически нет, если вы не гений.

Вот, в школе учили прыгать через планку «ножницами» — подбегаешь, и прыгаешь. Но если нужно прыгнуть очень высоко, то после разбега к планочке нужно поворачиваться спиной, и прыгать назад-вверх (Fosbury Flop, изобретение 1968 года⁴⁷).

⁴⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Fosbury_Flop



Это абсолютно неинтуитивно, но даёт возможность перелетать и через двухметровую планку. Нужно огромное доверие к тренеру, чтобы вы начали тренировать такой прыжок — ибо в этот момент кажется, что много-много тренировок дадут возможность преодолевать дополнительные десятки сантиметров «ножницами» или «перекатом», что совсем не так. А потом будет метанойя: вы будете не понимать, почему вообще через планку люди ещё где-то прыгают не техникой Дика Фосбери — даже если вы уже не помните, что начало таким прыжкам положил именно Дик Фосбери, и прыгать так люди начали всего на год раньше, чем высадились на Луну в 1969 году. И речь идёт о том, что люди делали тысячами: прыжках в высоту! То же самое относится к бегу: поздний (основанный на принятии специфической позы бегуна, что позволяет эффективно задействовать физические свойства тела) метод бега⁴⁸ появился после исследований Николая Романова, которые он начал в 1977 году. До этого поздним бегом занимались люди, чисто случайно натолкнувшиеся на эту технику — и, конечно, они не в состоянии были передать свой опыт другим людям, они просто неосознанно «хорошо бежали».

Поздний метод бега менее энергозатратный (до 30%), менее травмоопасный, чем многие и многие другие техники бега — опять же, несмотря на то, что люди бегают тысячи лет, метод позднего бега появился только в начале восьмидесятых, и только с этого момента позднему бегу стало возможно быстро учить.

В мышлении есть такие же контринтуитивные способы, которые позволяют мыслить по спортивному девизу: «быстрее, выше, сильнее». Системное мышление — это такой же набор придуманных разными людьми специфических приёмов, которые позволяют мышлению быть эффективней, чем его предыдущие, «народные» варианты.

Главная метанойя системного мышления в том, что вы начинаете думать о мире, как состоящем из вложенных друг в друга и взаимодействующих друг с другом систем. Если понимать систему не как «любой объект, который мы рассматриваем», а как «система из системного подхода», то это оказывается крайне контринтуитивным, поэтому требует специального обучения и последующей длительной тренировки такого системного мышления.

В математике термин «интуитивное» часто подменяется термином

⁴⁸ http://grushnitskiy.ru/literature/books/Poznyi_774_metod_bega_-_Nikolai_774_Romanov_2013.pdf

«тривиальное» — возможность повторения «любим» в данном сообществе, а нетривиальность — невозможность повторения (спасибо за обсуждение этого вопроса математику Роману Михайлову). Демонстрация интересного нетривиального делает его тривиальным через пару тактов тренировки заинтересовавшихся, ибо в определение «интуитивности/тривиальности» и «контринтуитивности/нетривиальности» неявно входит момент времени «прямо сейчас». Любое «контринтуитивное/нетривиальное» одного поколения становится «интуитивным/тривиальным» для другого поколения думателей. Эту «тривиальность» вполне можно добавить в список синонимов к «интуитивности».

Кто знает, может быть сегодняшнее системное мышление для будущих поколений людей и мыслящих машин будет «народным», «интуитивным», «тривиальным». Но пока системное мышление глубоко контринтуитивно и осваивать его трудно.

Под «интуитивностью» в быту часто имеют в виду не результат рационального логического рассуждения, а использование «чуйки» — получение результата рассуждения инсайтом, вдохновением, озарением, причём этот результат может быть весьма нетривиален. Мы о таких результатах мышления говорим, что они ровно наоборот — «контринтуитивны», то есть нетривиальны, невоспроизводимы легко разными людьми, эти результаты не относятся к «народной онтологии».

Так что в случае использования этих терминов нужно быть внимательным к контексту: когда говорится о 1. возможности легко повторить какое-то всем очевидное рассуждение (интуиция=тривиальность как лёгкость повторения другими, задействие «народной онтологии»), или когда говорится о том, что 2. рассуждения могут проходить в коннекционистской парадигме (интуиция=«чуйка», результат образного внелогического мыслительного акта с использованием нейронных сетей мозга, бессознательное рассуждение).

Стадии обучения мышлению

Обучение системному мышлению проходит через следующие стадии:

0. Заинтересованность: понимание, что системный подход вам зачем-то нужен. Это переход от **неосознанной некомпетентности** («я и не догадываюсь, что я не умею системно мыслить») к **осознанной некомпетентности** («я знаю, что я не умею системно мыслить»). Это самая трудная ступенька на пути к беглости мышления. Нет мотивации — не будет и вложений труда, не будет hard fun, никакой метанойи не случится. На коммерческие курсы люди приходят уже заинтересованные, и у них дальше всё получается. Студенты приходят обычно никак не заинтересованные — и не все из них становятся заинтересованными даже к концу курса. Но часто возвращаются поучиться второй раз (заинтересованность появляется уже после прохождения курса). Эту заинтересованность необходимо поддерживать всё время обучения (тут можно указать на то, что в педагогике ведущая дисциплина — лидерство, умение удержать человека в роли ученика⁴⁹).

1. Начитанность: знакомство с каким-то фрагментом системной онтологии. Материал учебника (или даже нескольких) освоен на этой стадии в части знания значений слов, умения пересказать какой-то фрагмент учебника,

⁴⁹ <http://ailev.livejournal.com/1316601.html>

воспроизвести какую-то диаграммку, поддержать разговор.

Правильно думать о стадии «начитанность» как о начитанности учебником по езде на велосипеде. Начитанный, но ни разу не ездивший человек может долго вам рассказывать о равновесии, о необходимости крутить педали. Но продемонстрировать езду он не сможет.

Начитанность для мышления нужна, но для беглости в мышлении её совершенно недостаточно. Чтобы обеспечить «правильную для последующей тренировки беглости начитанность» как раз и написана наша книга-учебник, в которой структурировано системное мышление. Однако начитанность — это даже ещё не переход к **осознанной компетентности**, когда можно самостоятельно и осознанно провести какое-то рассуждение в рамках предлагаемого культурой и документированного в учебнике лучшего способа это делать.

2. Понимание: понимание того, что означают термины системного подхода в их многочисленных вариантах разных школ, понимание как использовать понятия системного мышления при обсуждении ситуаций. Кроме памяти тут уже появляются некоторые мыслительные интуиции. И это делается **«сержантским методом»**⁵⁰, то есть путём решения простых и похожих друг на друга, многочисленных **тренажёрных задач**, которые формулируют авторы курса для тренировки, а не для контроля знаний.

Пример такой задачи: «Пётр утверждает, что нужно уже начинать закупать компоненты системы, а Елена утверждает, что не компоненты, а модули. Кто из них прав? А) Пётр Б) Елена». Ответить на такую задачу можно, только если знать про различия модулей и компонент — для ответа недостаточно процитировать какое-то место из учебника. При решении тренажёрных задач как раз и формируются «рельсы в голове», по которым поедет мышление.

Важно, что в задачах специально тренируется контринтуитивность, отличие предлагаемого способа мышления от использования народных/бытовых интуиций/онтологий, это делается через использование практики понятийной описи⁵¹ (conceptual inventory).

3. Приложимость: умение системно мыслить по потребности in the wild, в реальных проектах. Это совсем отдельное качество: уметь решать уже поставленные задачи (даже олимпиадного уровня сложности) и уметь ставить задачи, выделять эти задачи из запутанного, шумящего, быстро меняющегося окружающего мира. Приложимость системного мышления именно в этом, не в решении уже поставленных задач из задачника, а в постановке и последующем решении задач из жизни. Реальные проекты появляются только тут, и только тут тренируется главный навык системного мышления: выделение главного и игнорирование не главного для борьбы со сложностью реального мира.

В составленных какими-то авторами тренажёрных задачах тепличные условия, в отличие от реальных проектов ничто не отвлекает от применения материала из учебника. У тренажёрных задач заведомо есть решение, а ещё

⁵⁰ Подробней о «сержантском методе» можно почитать по ссылкам в <http://ailev.livejournal.com/1287293.html>.

⁵¹ http://modeling.asu.edu/R&E/Notes_on_Modeling_Theory.pdf

в них нет отвлекающего эмоционального вовлечения в ситуацию.

В реальных проектах приложимость заключается в том, чтобы провести системное рассуждение в нетепличных условиях реальной жизни. «Проектное обучение» происходит именно тут, результат прохождения тренинга приложимости на реальных проектах и даёт искомую метанойю: нейронная сеть мозга обучающегося научается думать системно, системное мышление после этого уже не требует осознанных усилий при рассуждениях, в том числе не требует усилий и для привязки его понятий к объектам окружающего мира. Это переход к **неосознанной компетентности**, мы можем также назвать это **системной метанойей**.

Особенности решения учебных задач по системному мышлению

В онтологических рассуждениях, как и в жизни, обычно делается **предположение об открытости мира**⁵² (open world assumption): «что не сказано, то просто не сказано». Это существенно отличается от **предположения о закрытости мира**: «что не сказано, того просто нет». Тренажёрные задачи чаще всего состоят из предположения о закрытости мира.

Опытные инженеры и менеджеры в предположении об открытости мира при решении задач начинают придумывать всё более и более необычные и маловероятные обстоятельства, логично ведущие к неправильным ответам — и даже часто добиваются успеха («вот если речь идёт о Юпитере, и пилот ракеты не боится огромной силы тяжести и играет на саксофоне в метановой атмосфере, то ваш правильный ответ будет неправильным, а мой неправильный правильным»). Действительно, маленькая вероятность обстоятельств к чисто формальной правильности ответа отношения не имеет (даже исчезающе маловероятное событие может быть формально верным, «логичным» в аристотелевой логике) и формально ученик может быть прав. Но по сути генерирование таких дополнительных условий исходя из посылки открытого мира не помогает решать тренажёрные задачи, а только мешает это делать.

Особое внимание нужно уделять тренажёрным задачам на начальных стадиях обучения — когда правильный ответ интуитивно не ясен, не является шаблонным. Когда студент материал знает плохо, он включает «смекалистый мозг». Он смотрит на 2×2 и начинает: «Это может быть любое число больше 1.0 и меньше 9.0, ибо мы же не знаем, насколько и как округлили исходные числа. И это может быть в ответе вообще что угодно, начинающееся и заканчивающееся на 2, ибо звёздочка не всегда означает знак умножения. Часто звёздочка означает любое количество символов. А ещё речь может идти о символьном умножении, поэтому ответом будет 22. И давай не будем разбирать ситуации, когда система счисления десятичная, так и быть». Конечно, он достаточно смыслён, чтобы заподозрить в ответе 4, но и недостаточно уверен в этом ответе, чтобы не предположить дополнительных подвохов.

Двое из десятка изучающих системное мышление человек именно таковы — они материал не читали, но они хорошие инженеры или менеджеры, у них подвешен язык, они скептически по отношению к материалу учебника (это ничего плохого, просто *skeptic thinkers*), и именно они обычно самые активные в группе. Их цель не столько поупражняться в системном мышлении и использовании его концептов,

⁵² https://en.wikipedia.org/wiki/Open-world_assumption

сколько попробовать «прогнуть» предлагаемые задачи вместе с системным мышлением, испытать их на прочность «здорового смысла». Этим людям хорошо работать Беспристрастными Свидетелями (Fair Witness) из Хайнлайна: *«Энн стояла на трамплине. Джабл крикнул ей: - Тебе виден тот дом на горе? Какого он цвета? Энн посмотрела и сказала: - С нашей стороны белый. Джабл обернулся к Джилл: - Вот видишь, Энн не стала говорить, что дом белый целиком. И вся королевская рать не заставит ее сказать это до тех пор, пока она не пойдет и не посмотрит. Но даже и тогда она не сможет утверждать, что дом остался белым после того, как она ушла»⁵³.*

Как мы могли бы с этим бороться? Очевидный ответ — строго формализовать задачи, добиваясь однозначности правильного ответа. Но чем формальней будут поставлены задачи «из учебника», тем дальше они будут от реальной жизни.

Ещё важно понимать, что все эти задачи тренажёрные, а не экзаменационные. Они дают лишь повод осознать и обсудить материал учебника, формализм «единственно правильного ответа» для них непринципиален.

Ещё один источник возможной «формальной нелогичности» системного мышления в том, что он представлен в стандартах и публичных документах, откуда мы берём его положения (а вследствие этого и в нашем учебнике) не как логически непротиворечивая формальная онтология. Каждый стандарт имеет свою онтику (набор фактов о мире, не претендующий на полноту и непротиворечивость с другими наборами фактов). Изложение этих фактов на естественном языке только добавляет неопределённости. В реальных проектах «из жизни» очень трудно составить непротиворечивое системное описание ситуации, так что использовать системное мышление будет много тяжелее, чем в специально составленных учебных задачах.

Переход к использованию мышления

Одного решения задач недостаточно. Нужно будет потом долго тренироваться в постановке задач, в применении системного мышления в ваших рабочих проектах — и только тогда цветущая сложность начинает отступать и поддаваться тренированному в системном мышлении мозгу.

Основных идей системного подхода немного, каждая из этих идей довольно быстро понимается. Проблема в том, что все эти положения глубоко связаны друг с другом и крайне редко используются поодиночке. Так что требуется добиться некоторой **беглости** (fluency) в их одновременном и совместном применении — примерно в том же смысле, что и беглости пальцев в игре на рояле или наборе текста на клавиатуре, беглости в говорении на иностранном языке. Каждая клавиша на рояле или клавиатуре понятно нажимается, их всего не так много, проблема только в том, чтобы разные клавиши нажимать вовремя, быстро и такие, какие нужны для получения музыки. На освоение клавиатуры уходит несколько дней тренировки, на освоение рояльных клавиш уходит несколько лет. В освоении системного мышления, как и в освоении игры на рояле нет царских путей, кроме как бесчисленного числа повторений, выполнения многочисленных упражнений на использование этих положений, получение опыта применения в жизни. Это, увы, занимает время. Поэтому мышлению желательно учиться с детства. Вот из

⁵³ https://ru.wikipedia.org/wiki/Чужак_в_чужой_стране

материалов Viewpoint Research Institute⁵⁴:

Мы хотим помочь детям развить реальную беглость (fluency) во многих областях образования, включая мышление, математику и науки. Каждый из этих предметов не поддается «естественному обучению» (как учатся ходить и говорить). Довольно много времени и энергии нужно потратить, чтобы получить беглость выше пороговой. Тут интересное сходство с искусством, музыкой и спортом, для каждого из них также требуется довольно много времени и энергии, чтобы получить беглость. Эти искусства могли бы называться «тяжелое развлечение» (hard fun). Математики и ученые знают, что они занимаются искусством, равно как тяжелым развлечением. «Мышление» это более высокая категория, чем «просто» математика, наука и искусства. Оно представляет синтез интуитивного и аналитического подходов к пониманию мира и поведения в нем.

Peter Senge в книге «Пятая дисциплина»⁵⁵ (1990) писал:

Недавно в ходе пятидневного вводного курса, проводимого Обучающим центром МТИ, одна женщина-менеджер из конструкторского отдела компании Ford лаконично сформулировала ситуацию: *«Спустя пару дней, — сказала она, — я начинаю понимать, о чем вся эта история с системным мышлением и интеллектуальными моделями. Мне это напоминает время, когда я только начала знакомиться с высшей математикой. Сначала я чувствовала себя совершенно потерянной. Все это было мне совершенно чуждо. Но потом я начала «схватывать» суть. Через год я уже вполне владела основами этого дела. Через пять лет это стало основой моей профессии».* Потом она добавила: *«Если бы высшую математику изобрели сегодня, ни одна из наших корпораций не смогла бы ею овладеть. Мы бы посылали каждого на трехдневные курсы. Затем каждый получал бы три месяца на то, чтобы посмотреть, работают ли «все эти штуки». А когда выяснялось бы, что они не работают, мы бы начинали пробовать что-нибудь другое».*

Если заниматься языками, то любой из них можно довести до уровня C1 (достаточный для поступления в европейский ВУЗ) за год, если интенсивно заниматься — для языка без флексий (английский, испанский) нужно на это потратить 600 часов, с флексиями (русский, немецкий) 1100 часов, для языков совсем другой структуры 2200 часов. Если заниматься год, то в день нужно тратить примерно 1.6, 3 и 6 часов соответственно, и в Сети можно найти достаточно примеров, как мотивированные люди выделяли примерно такое время в своём расписании и достигали успеха. Чтобы достичь в языке мастерства, нужно потратить порядка 10000 часов (хотя это и спорное утверждение, но порядок верный) — то есть заниматься языком несколько лет. И в случае иностранного языка это даже не «мыслить» и не узнать о каких-то новых вещах и их связях, это просто «переназвать известные уже вещи другими словами»! Системное мышление относится к того же сорта практике: его нужно практиковать, чтобы добиться беглости, а не «мыслить со словарём».

И это не разовое учебное усилие, не прохождение «интенсивного курса». Если в день несколько лет подряд нужно тратить по несколько часов на какое-то занятие, то речь идёт по факту об изменении образа жизни — откуда-то эти несколько часов

⁵⁴ <http://vpri.org/>

⁵⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/The_Fifth_Discipline

нужно взять, как-то переустроить своё типичное дневное расписание. Это как поступить в очную или заочную физматшколу: тяжело работать несколько лет, чтобы получить другие жизненные возможности. Обучение вообще-то неблагодарное занятие: если вы учились целые выходные с утра до вечера, то вас похвалить будет некому — это не работа, которую можно существенно продвинуть за пару дней и это всем будет заметно. Нет, придётся потратить много дней без немедленных наград. Зато это позволит потом претендовать на другие работы и другой уровень наград.

Последнее препятствие в использовании системного мышления — это просто его неиспользование по назначению, отсутствие приложения. Автору встречались случаи, когда люди тратили много времени на освоение системного мышления и даже достигали некоторой беглости в его использовании в тот момент, когда им явно указывалось на необходимость каких-то системных рассуждений в сложной ситуации. Но в критических ситуациях собственных рабочих проектов они просто забывали его использовать! Это неудивительно и даже неспецифично для системного мышления: обычно люди знают, как хорошо выполнить то или иное дело, но только мастера реально используют это знание, часто абсолютно автоматически — на то они и мастера. А не-мастера о правильных приёмах работы и мышления обычно знают, но просто забывают их применить, или им это лень делать, потому как неавтоматическое рассуждение очень трудоёмко.

Вот это чувство потерянности при обучении, невозможность реорганизовать свою жизнь для обучения, неиспользование результатов обучения обычно связаны с одной причиной: непониманием, зачем эти новые обширные знания нужны, зачем использовать системное мышление. Живут же люди без этого системного мышления, и неплохо живут!

Резюме тут простое: **если хотите меньше допускать ошибок в сложных проектах, то заранее тренируйте системное мышление, а потом используйте его в жизни. Тогда в какой-то реальной ситуации привычка системно мыслить вас спасёт: вы не сделаете глупых ошибок даже в тех ситуациях, которые окружающим вас людям будут казаться очень сложными.**