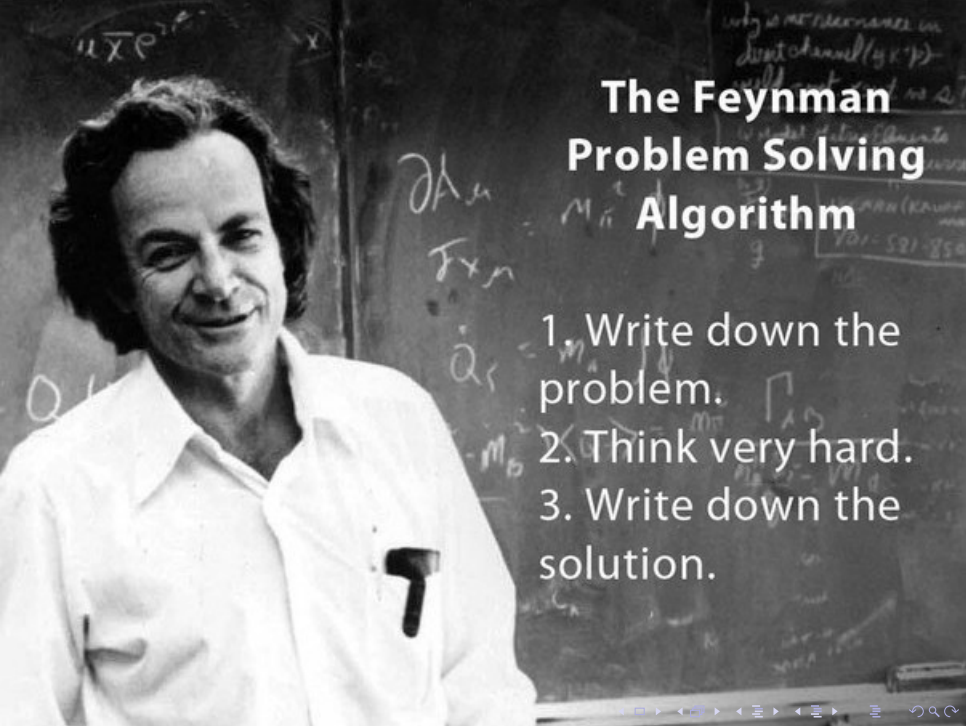


Теория решения изобретательских задач

Дмитрий Лунин, Демьянов Артем

5 декабря 2014 г.

**Проблема – как решать
сложные изобретательские задачи?**



The Feynman Problem Solving Algorithm

1. Write down the problem.
2. Think very hard.
3. Write down the solution.

Зачем нужна ТРИЗ

К сожалению, не всегда понятно, как именно осуществить шаг 2. Поэтому была создана **ТРИЗ** - теория решения изобретательских задач

Цель ТРИЗ:

создать конкретный алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), который можно последовательно применять, и которому можно научиться

Что такое ТРИЗ

ТРИЗ - область знаний, исследующая механизмы развития технических систем с целью создания практических методов решения изобретательских задач

Автор ТРИЗ: Генрих Саулович Альтшуллер



История

- ▶ Альтшуллер родился 15 октября 1926 года в Ташкенте
- ▶ Любил изобретать с самого детства. К своим 24 годам изобрёл более десяти изобретений
- ▶ В 1946—1948 годах главной целью жизни стала разработка ТРИЗ
- ▶ В 1948 году написал письмо И. В. Сталину с резкой критикой положения дел с изобретательством в СССР. 28 июля 1950 года был арестован, без суда приговорён к 25 годам лишения свободы. 22 октября 1954 года реабилитирован. После освобождения вернулся в Баку, где жил до 1990 года
- ▶ Первая публикация, посвящённая теории изобретательства — статья «О психологии изобретательского творчества» (1956). В статье — первый опубликованный АРИЗ (Алгоритм решения изобретательских задач). Над совершенствованием АРИЗ работал около 40 лет

История

- ▶ Увлекался фантастикой. Как писатель-фантаст дебютировал рассказом «Икар и Дедал» в 1958 году.
Первые фантастические рассказы составили цикл «Легенды о звёздных капитанах» (1961)
- ▶ В 1960-х годах являлся одним из ведущих отечественных писателей - фантастов
- ▶ В 1970 году создал в Баку Школу молодого изобретателя - первый в мире центр обучения ТРИЗ
- ▶ Умер 24 сентября 1998 (71 год) в Петрозаводске, где и проживал с супругой Валентиной Журавлёвой последние 8 лет

История ТРИЗ

- ▶ За период с 1946 по 1971 исследовал свыше 40 тысяч патентов и авторских свидетельств, классифицировал решения по 5 уровням изобретательности и выделил 40 стандартных приёмов, используемых изобретателями
- ▶ В сочетании с алгоритмом решения изобретательских задач (АРИЗ), это стало ядром ТРИЗ
- ▶ Первоначально «методика изобретательства» мыслилась в виде правил типа: «решить задачу — значит найти и преодолеть техническое противоречие»
- ▶ В дальнейшем Альтшуллер продолжил развитие ТРИЗ и дополнил его теорией развития технических систем (ТРТС), в явном виде сформулировав главные законы развития технических систем
- ▶ За 60 лет развития, благодаря усилиям Альтшуллера, его учеников и последователей, база знаний ТРИЗ-ТРТС постоянно дополнялась новыми приёмами и физическими эффектами, а АРИЗ претерпел несколько усовершенствований

Структура ТРИЗ

- ▶ Ядро ТРИЗ – это алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ) и информационный фонд
- ▶ Вепольный анализ – анализ объектов (“веществ”) и взаимодействий между ними (“полей”)
- ▶ Законы развития технических систем
- ▶ Методы развития творческой личности/творческих коллективов

Противоречия

Противоречие - это борьба противоположных интересов, желаний или требований, когда одно из них исключает другое.

Разрешение противоречий в изобретательстве — способ улучшить существующую техническую систему. ТРИЗ утверждает, что любой качественный шаг в развитии — результат преодоления какого-либо противоречия

- ▶ Улучшение одних параметров системы часто приводит к ухудшению других. При этом люди часто ищут компромиссные решения
- ▶ В ТРИЗ предлагается вместо этого найти все такие противоречия и их причины, а потом устранить их (разрешить противоречия)
- ▶ Следуя ТРИЗ, противоречия нужно не сглаживать компромиссными решениями, а обострять, чтобы найти полное решение

Пример: Необходимо хранить совместное распределение случайных величин в ВС. Используя 2^n параметров возникают проблемы с нехваткой ресурсов ВС. Используя n параметров получаем Naive Bayes. Неплохо, но и не хорошо

Пример: Bias–variance tradeoff. Хотим уменьшить два рода ошибки - bias и variance

$$E[(y - f(x))^2] = \text{Bias}(f(x))^2 + \text{Var}(f(x)) + \sigma^2$$

Виды противоречий:

- ▶ Административное противоречие
- ▶ Техническое противоречие
- ▶ Обостренное противоречие

Административное противоречие

Административное противоречие:

- ▶ Противоречие между потребностью и возможностью ее удовлетворения
- ▶ Нужно что-то сделать, а как это сделать — не известно
- ▶ Какой-то параметр системы плохой, нужно его улучшить
- ▶ Нужно устранить такой-то недостаток, но не известно, как

Это противоречие является самым слабым и может быть снято либо изучением дополнительных материалов, либо принятием административных решений

Техническое противоречие

Техническое противоречие:

Каждой задаче, входящей в изобретательскую ситуацию, соответствует свое техническое противоречие (ТП). Суть ТП сводится к тому, что при улучшении известными путями одного параметра системы недопустимо ухудшается другой параметр

- ▶ Техническое противоречие иногда нужно выявлять, но зато оно может помочь отбросить много пустых вариантов решения
- ▶ Переход от административного противоречия к техническому резко понижает размерность задачи, сужает поле поиска решений и позволяет перейти от метода проб и ошибок к алгоритму решения изобретательской задачи, который либо предлагает применить один или несколько стандартных технических приёмов, либо (в случае сложных задач) указывает на одно или несколько физических противоречий

Физическое противоречие

Физическое противоречие:

Стремясь убрать конфликтующие, противоречивые отношения между внешними сторонами технической системы, получим противоречие на уровне внутреннего функционирования системы. Такое противоречие, в отличие от технического, называется физическим противоречием (ФП)

- ▶ Каждое техническое противоречие обусловлено физическим противоречием
- ▶ К одной и той же части системы предъявляются взаимоположные требования
- ▶ Физическое противоречие является наиболее фундаментальным

Идеальный конечный результат

- ▶ С точки зрения ТРИЗ, идеальная техническая система – это система, которой нет, но ее функции выполняются
- ▶ Понятно, что это как правило невозможно. Цель формулировки идеального конечного результата – понять, в каком направлении нужно двигаться при поиске решения
- ▶ Решение задачи должно быть как можно ближе к идеальному конечному результату

Вещественно - полевой анализ

Терминология:

- ▶ **Вещество** - любой объект, участвующий в задаче
- ▶ **Поле** - любое взаимодействие веществ (т.е. объектов)
- ▶ **Веполь** - вещество и поле

Можно строить вепольные схемы:

A влияет на **B**: $A \longrightarrow B$

A взаимодействует с **B**: $A \longleftrightarrow B$

A слабо влияет на **B**: $A \dashrightarrow B$

A нежелательно воздействует на **B**: $A \rightsquigarrow B$

Здесь **A** и **B** – произвольные вещества/поля. Таким образом, для системы можно построить схему-граф, описывающий ее структуру. Такую схему можно использовать, например, для сравнения систем и поиска решения в информационном фонде

Основная линия решения задач по АРИЗ

- ▶ Поиск административных противоречий
- ▶ Поиск технических противоречий
- ▶ Формулировка идеального конечного результата
- ▶ Поиск физических противоречий
- ▶ Поиск решения (с использованием информационного фонда)

АРИЗ

- ▶ Существуют несколько версий АРИЗ. Последняя – АРИЗ-85В
- ▶ Полный АРИЗ состоит из более чем 30 шагов, многие из которых применимы только к инженерному делу

- ▶ Часть 1. Анализ задачи
- ▶ Часть 2. Анализ модели задачи
- ▶ Часть 3. Определение ИКР и ФП
- ▶ Часть 4. Применение ВПР
- ▶ Часть 5. Применение Информационного Фонда
- ▶ Часть 6. Изменение или замена задачи
- ▶ Часть 7. Анализ способа устранения ФП
- ▶ Часть 8. Применение полученного ответа
- ▶ Часть 9. Анализ хода решения

Анализ задачи

На этом этапе необходимо найти техничекое противоречие, то есть ситуацию, когда улучшение одних параметров приводит к ухудшению других. При этом следует найти противоположные крайние случаи

Пример: Проблема переобучения.
Крайние состояния - `overfitting` и `underfitting`

Примечание: Нужно избегать терминов, которые могут помешать поиску решения

Анализ модели задачи

1. Определение оперативной зоны и оперативного времени - где, когда, в течение какого времени происходит конфликт, найденный в процессе 1 шага - анализа задач
2. Определить вещественно-полевые ресурсы (ВПР), то есть объекты и действия, которые имеются или могут быть легко получены по условиям задачи. Их нужно использовать в первую очередь

Определение ИКР и ФП

1. Формулировка идеального конечного результата: не усложняя систему устранить ее недостаток, сохраняя работоспособность и укладываясь в оперативное время/оперативное пространство
2. Усилить формулировку ИКР использованием только тех веществ и полей, которые входят в ВПР
3. Расширить техническое противоречие до физического, то есть указать, какая часть системы должна одновременно находиться в противоположных состояниях

Для примера с переобучением: ИКР - построить алгоритм без переобучения и *underfittinga*, работающий за такое же время и память, как и исходный, при этом он должен быть не сложнее исходного

Физическое противоречие - регуляризация должна быть и при этом ее быть не должно

Применение Информационного Фонда

Проверить возможность применения системы стандартов из информфонда. Если там удалось найти решение противоречия - перейти к анализу способа устранения ФП

Сначала нужно попробовать найти решение без введения новых веществ/полей

Утверждается, что значительная часть задач решается использованием стандартных приемов или по аналогии, т.к. число физических противоречий, на которых держатся эти задачи невелико. При этом задачи внешне могут выглядеть очень разными. Сходство обнаруживается после сведения задач к физическим противоречиям (ФП)

Изменение задачи

Достаточно сложные задачи в процессе решения часто требуют переосмысления постановки задачи

Типичный пример - некорректно поставленные задачи в математике (например, псевдорешение СЛАУ). По Адамару, задача называется корректной, если решение существует, единственно и непрерывно зависит от входных данных. Если эти условия нарушены, полученное решение может быть бессмысленным. Эту проблему можно решить методами регуляризации, которые подразумевают изменение постановки задачи

Анализ способа устранения ФП

1. Рассмотреть вводимые вещества и поля. Можно ли обойтись без них?
2. Провести предварительную оценку полученного решения. Выполняет ли оно поставленные цели? Насколько оно соответствует ИКР? Какое противоречие устранено?
3. Проверить формальную новизну полученного решения (для патентов, etc)
4. Какие задачи возникнут при реализации решения?

Например, в случае алгоритма нужно подумать о том, как написать эффективную программу, реализующую его

Применение полученного ответа

1. Определить, как должна быть изменена надсистема, т.е. система, в которой будет использоваться полученное решение
2. Сформулировать в обобщенном виде полученный принцип решения (для повторного использования)
3. Исследовать полученное решение на масштабируемость

Анализ хода решения

1. Сравнить реальный ход решения задачи с АРИЗ. Если есть отклонения, выяснить почему они возникли
2. Сравнить полученный результат с данными информационного фонда. Если использованного приема решения задачи там нет, и он оказывается полезным при решении разных задач, возможно его стоит добавить в фонд