



Защита на соискание звания «Мастер ТРИЗ»
Тема: «Автоматизация построения дорожных карт ТРИЗ-проектов»



О себе

- ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, инженер по эксплуатации РЭО воздушного транспорта
- С ТРИЗ познакомился в 2016 году и с тех пор применяю на практике
- С 2019 года ТРИЗ применяю профессионально
- 4-й уровень по ТРИЗ
- Начальник отдела производственных ТРИЗ-проектов алюминиевого дивизиона РУСАЛ (10 заводов, 40+ ТРИЗ-проектов в год)
- Имею обширный опыт выполнения ТРИЗ-проектов в разных ролях, опыт разработки программ, методических материалов по ТРИЗ, проведения практикумов, сессий и семинаров по ТРИЗ (более 30 семинаров и практикумов)
- В соавторстве являюсь разработчиком программного комплекса Compinno-TRIZ
- В соавторстве являюсь автором пособия по ТРИЗ для предприятий
- Имею 12 публикаций по ТРИЗ на русском и английском языках

Актуальность работы



Масштабное внедрение
ТРИЗ в компании
(десятки проектов в год)

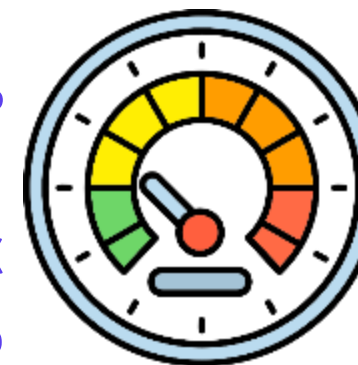


Важность
дорожной карты
ТРИЗ-проекта

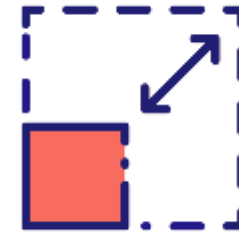
Дефицит
руководителей
ТРИЗ-проектов
(4 уровень)



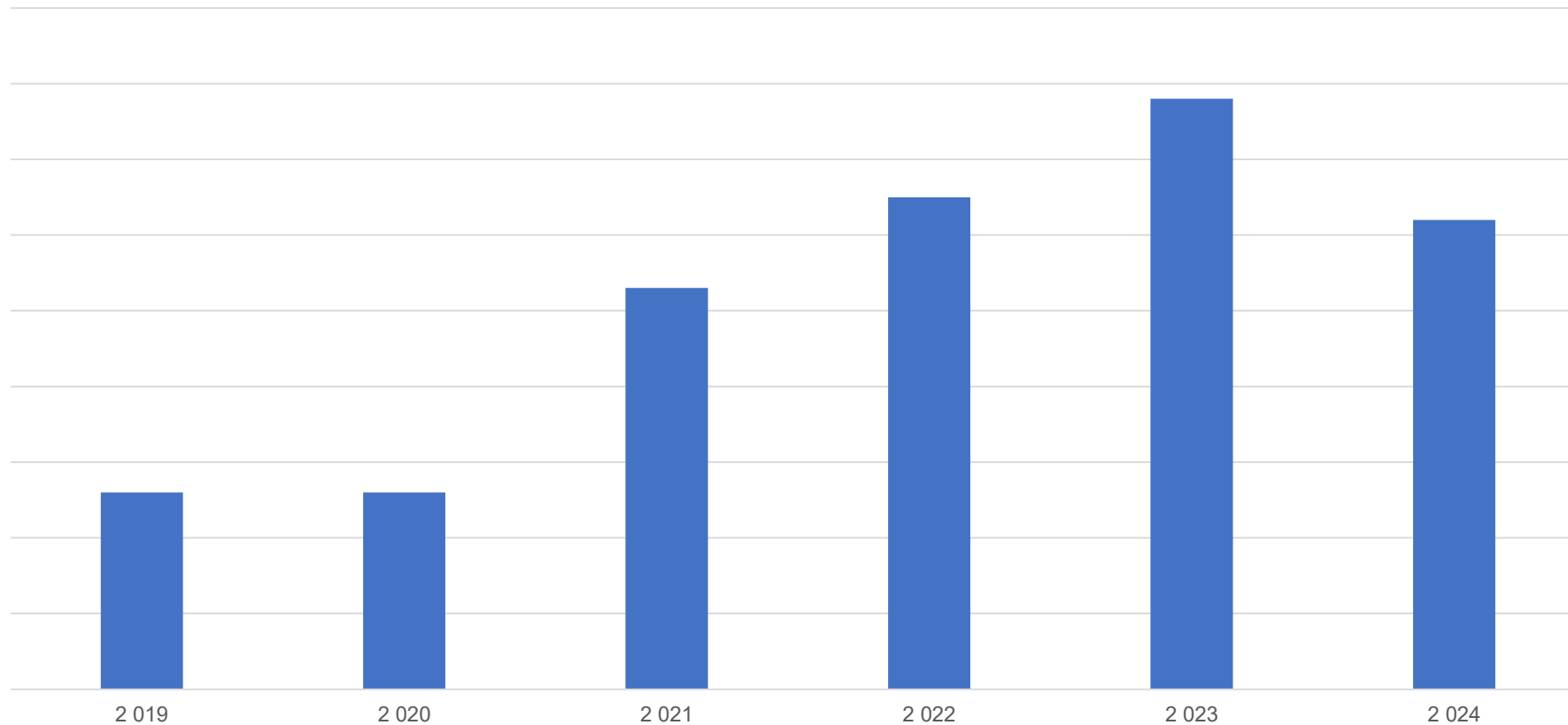
Эффективность
использования
типовых дорожных
карт 57%



Масштабное внедрение ТРИЗ

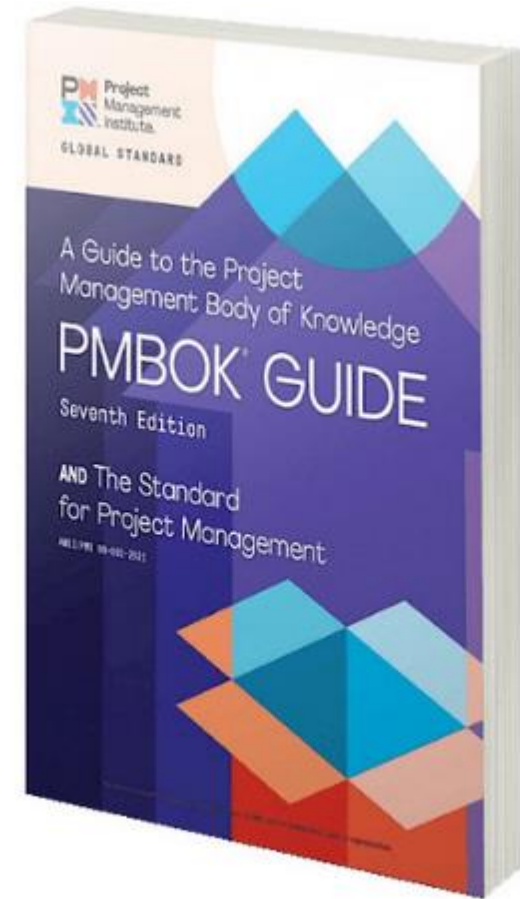


Количество проектов по годам*



*Значения столбцов убраны из соображений конфиденциальности информации. Речь идет о десятках ТРИЗ-проектов в год

Важность дорожной карты ТРИЗ-проекта



Исследование эффективности использования типовых дорожных карт (эффективность 57%)



Поставлен слепой эксперимент:

- **Специалисты 1 уровня (умеют решать задачи)**
- **3 описания исходных проблемных ситуаций**, например: *«При производстве литой заготовки на линиях непрерывной разливки СК неотъемлемой частью технологического процесса являются валки-кристаллизаторы. Периодически проводится перевалка отработанных валков по причине образования следов износа и «разгарной сетки». В качестве валков-кристаллизаторов используются бандажи из стали и меди. Медные бандажи дороже стальных в 10 раз. При использовании медных бандажей увеличивается производительность линий непрерывной разливки алюминиевой ленты на 45 % за счет более высокого теплоотвода и соответственно более высокой скорости отливки.»*
- **3 дорожные карты**
- **Сравнение фактических дорожных карт с дорожными картами специалистов по ТРИЗ**

Результаты работы



Алгоритм построения ДК с эффективностью 91%



Новые типы проблем и рабочая методика выбора инструментов ТРИЗ



Собрана картотека из 286 реальных исходных проблемных ситуаций



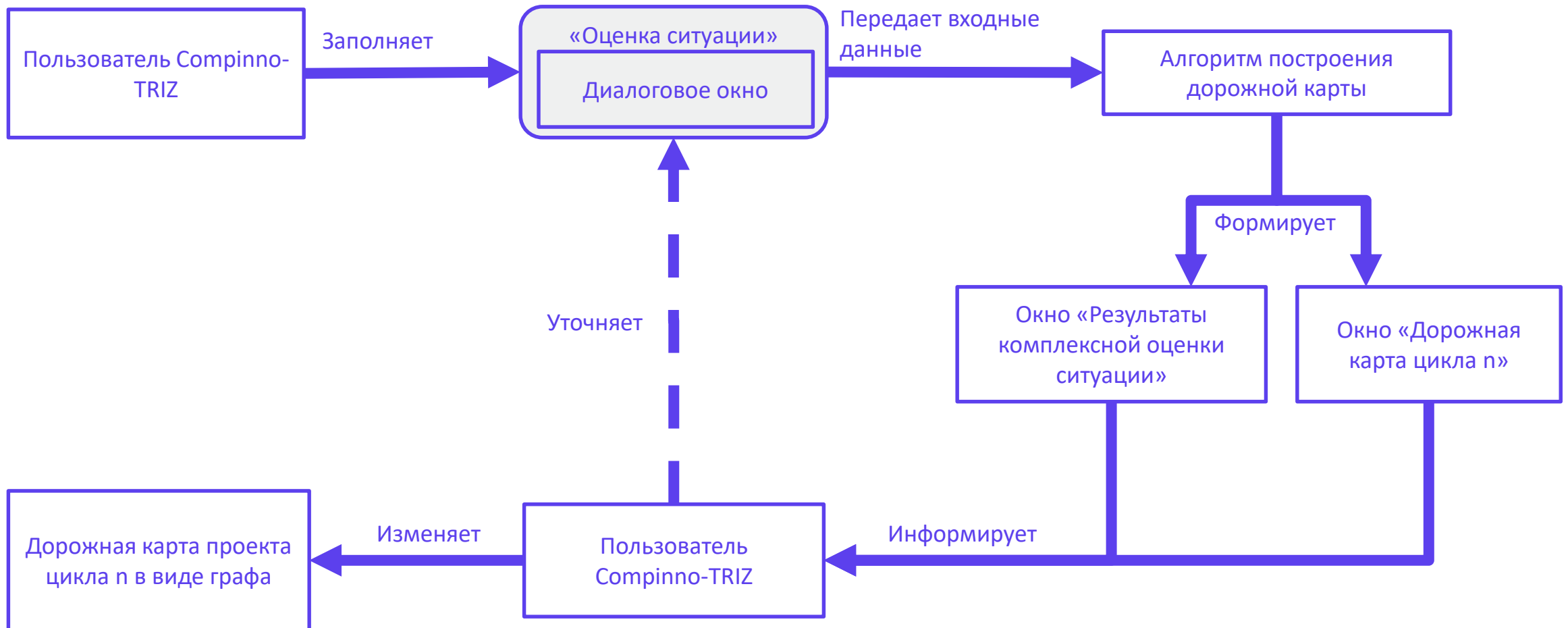
Снижен порог эффективного вхождения в управление ТРИЗ-проектом с 4 уровня до 2 уровня по системе Икар и Дедал



Ускорен процесс создания дорожной карты ТРИЗ-проекта и внесения изменений в неё

Реализация алгоритма в программном продукте Compinno-TRIZ

Схема процесса формирования ДК в Compinno-TRIZ



Оценка ситуации

Облом крепления статора

На установке по дегазации Snif происходит поломка графитового статора в верхней части крепления.

Целевые метрики: 5 - Есть

Объекты: 5 - Есть

Жидкий металл	Иконка	Иконка
Ротор	Иконка	Иконка
Статор	Иконка	Иконка
Установка Snif	Иконка	Иконка

Надсистемы: 5 - Есть

Жидкий металл	Иконка	Иконка
Установка Snif	Иконка	Иконка

Тип проблемы: Устранить недостаток объекта

Требование (T-1): 1 - Нет

Способы достижения T-1: 1 - Нет

Требование (T-2): 1 - Нет

Способы достижения T-2: 1 - Нет

Элемент системы: 1 - Нет

Оценка ситуации: **61%**

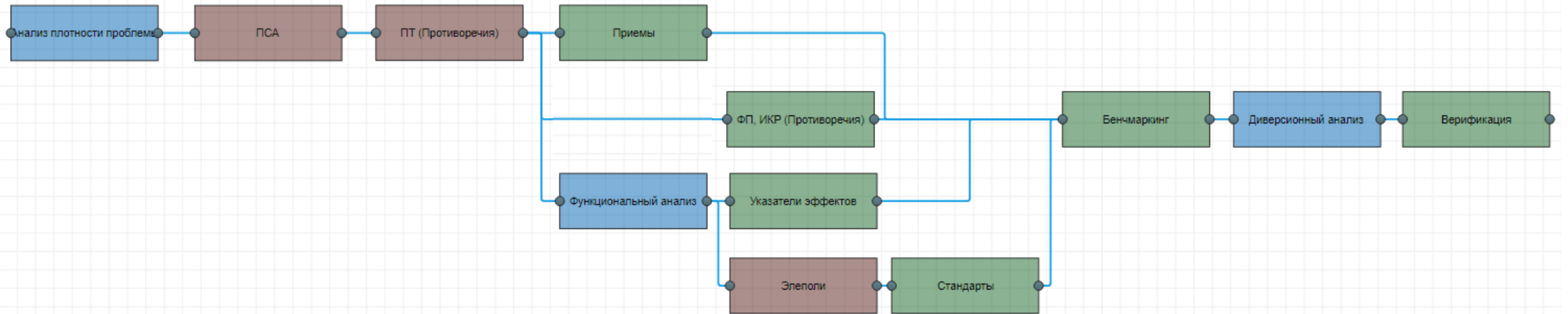
Качество оценки

Критерий	Оценка
Объект	4
Целевая метрика	4
Требование 1	1
Требование 2	1
Способы достижения 1	1
Способы достижения 2	1

Уточните Требование T-1
Уточните Требование T-2
Уточните Способ достижения T-1
Уточните Способ достижения T-2

Построить Дорожную Карту

Дорожная карта



Основные положения на защиту

- Разработана типология проблем
- Разработана методика выбора аналитических инструментов ТРИЗ в зависимости от типа проблемы в производственных ТРИЗ-проектах
- Разработан алгоритм автоматизированного построения Дорожных карт на основании описания исходной проблемной ситуации, который использован для создания программного обеспечения, направленного на повышение эффективности выполнения ТРИЗ-проектов
- Алгоритм автоматизированного построения Дорожных карт на основании описания исходной ситуации и типов проблем реализован в модулях «Оценка» и «Дорожная карта» программного комплекса Compinno-TRIZ

Научная новизна работы

- Предложен подход типизации проблем в проектах на основе входов и выходов аналитических инструментов ТРИЗ
- Разработана методика выбора аналитических инструментов ТРИЗ в зависимости от типа проблемы в производственных ТРИЗ-проектах
- Разработан алгоритм автоматизированного построения дорожных карт производственных ТРИЗ-проектов
- На основе алгоритма создан программный продукт, позволяющий строить дорожные карты в автоматизированном режиме

Апробация работы

1. Результаты работы лежат в основе модулей «Оценка ситуации» и «Дорожная карта» программного комплекса Compinno-TRIZ (<http://triz-compinno.tech>). Более 700 пользователей и 450 проектов.
2. Основные результаты работы докладывались:
 - Конференция Саммита разработчиков ТРИЗ, 2021
 - Внутренняя онлайн-конференция «Развитие ТРИЗ. Новые разработки и публикации», 2021
 - Конференция Саммита разработчиков ТРИЗ "ТРИЗ в развитии", 2022
 - Конференция Саммита разработчиков ТРИЗ 2023 года "ТРИЗ в развитии", 2023
 - III Евразийский аналитический форум – 2023
 - International innovation management and TRIZ Conference (IIMTC), 7-9 декабря 2023

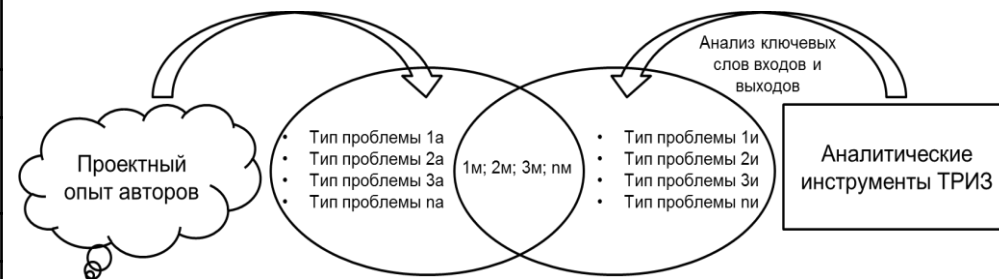
Публикации

1. Кулаков А.В. «Автоматизированное построение дорожных карт для выполнения ТРИЗ-проектов», ТРИЗ в развитии [Электронный ресурс]: сборник материалов научно-практических конференций (23 августа, 15–16 октября 2021 г., 14–16 октября 2022 г.). Выпуск 12, DOI: 10.24412/cl-37095-2023-1-108-119
2. A. Kulakov, «Automated construction of roadmaps for TRIZ-projects», TRIZ in Evolution [Electronic resource]: Materials of scientific-and-practical conference TRIZ Developers Summit Library. Collection 12. Volume 2. Conference August 23, October 15–16, 2021. October 14–16, 2022. DOI: 10.24412/cl-37100-2023-1-160-171
3. А.В. Кулаков, М.С. Рубин, А.В. Трантин «ТРИЗ как системный подход к развитию производства», НЕФТЬ. ГАЗ. ИННОВАЦИИ» №3/2023
4. Кулаков А.В. "Исследование и прогноз развития способов планирования ТРИЗ-проектов" ТРИЗ в развитии, no. 1, 2024, pp. 92-106. doi:10.24412/cl-37095-2024-1-92-106
5. Рубин М.С., Кулаков А.В., Трантин А.В. «Анализ плотности проблемы как инструмент ранжирования комплекса задач», ТРИЗ в развитии [Электронный ресурс]: сборник материалов научно-практических конференций (23 августа, 15–16 октября 2021 г., 14–16 октября 2022 г.). Выпуск 12, DOI: 10.24412/cl-37095-2023-1-57-63
6. Рубин М.С., Харитонов А.С., Кулаков А.В., Трантин А.В. «Анализ диссонанса характеристик как методика постановки задач», ТРИЗ в развитии [Электронный ресурс]: сборник материалов научно-практических конференций (23 августа, 15–16 октября 2021 г., 14–16 октября 2022 г.). Выпуск 12, DOI: 10.24412/cl-37095-2023-1-64-70
7. M.S. Rubin, A.V. Kulakov, A.V. Trantin, «Analysis of density problem as a tool for ranking a complex of problems», TRIZ in Evolution [Electronic resource]: Materials of scientific-and-practical conference TRIZ Developers Summit Library. Collection 12. Volume 2. Conference August 23, October 15–16, 2021. October 14–16, 2022. DOI: 10.24412/cl-37100-2023-1-56-64
8. M.S. Rubin, A.V. Kulakov, A.S. Kharitonov, A.V. Trantin, «Characteristics Dissonance Analysis as a Methodology for Statement of Tasks», TRIZ in Evolution [Electronic resource]: Materials of scientific-and-practical conference TRIZ Developers Summit Library. Collection 12. Volume 2. Conference August 23, October 15–16, 2021. October 14–16, 2022. DOI: 10.24412/cl-37100-2023-1-65-73

Методика выбора инструментов ТРИЗ в зависимости от типа проблемы

Разработка типологии проблем

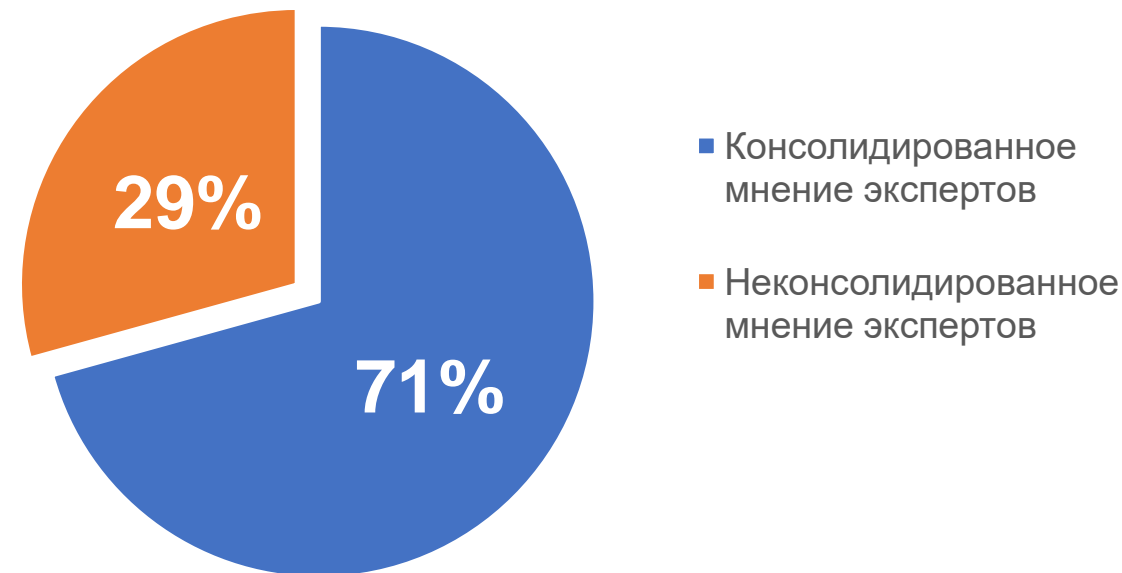
	Входные данные	Выходные данные
ФА	объект	функции объекта и компонент объекта
ПСА	объект и его недостаток	ключевые и промежуточные недостатки объекта
Потоковый анализ	поток	недостатки потоков
Анализ процессов	процесс	недостатки производительности процесса
ФСА	объект	соотношение функций компонент объекта к их стоимости
MRV	объект	параметры объекта, улучшение которых повысит рыночную привлекательность продуктов
Анализ пределов развития	объект	Оценка возможности достижения тех или иных параметров объекта без изменения принципа действия
Диверсионный анализ	объект	выявленные вредные явления объекта
Бенчмаркинг	объект/поток/процесс	сравнение нескольких объектов/потоков/процессов
ФОП	функции	функциональные объекты-аналоги
Обратный ФОП	объект	новые области применения функций объекта
Объединение АТС	АТС	задачи на объединение АТС



Типы проблем и проверка на их однозначное понимание

• Снизить материалоемкость
• Недостатки потоков
• Повысить производительность
• Устранить недостаток объекта
• Увеличить рынок
• Освоить новый рынок
• Поиск технологий

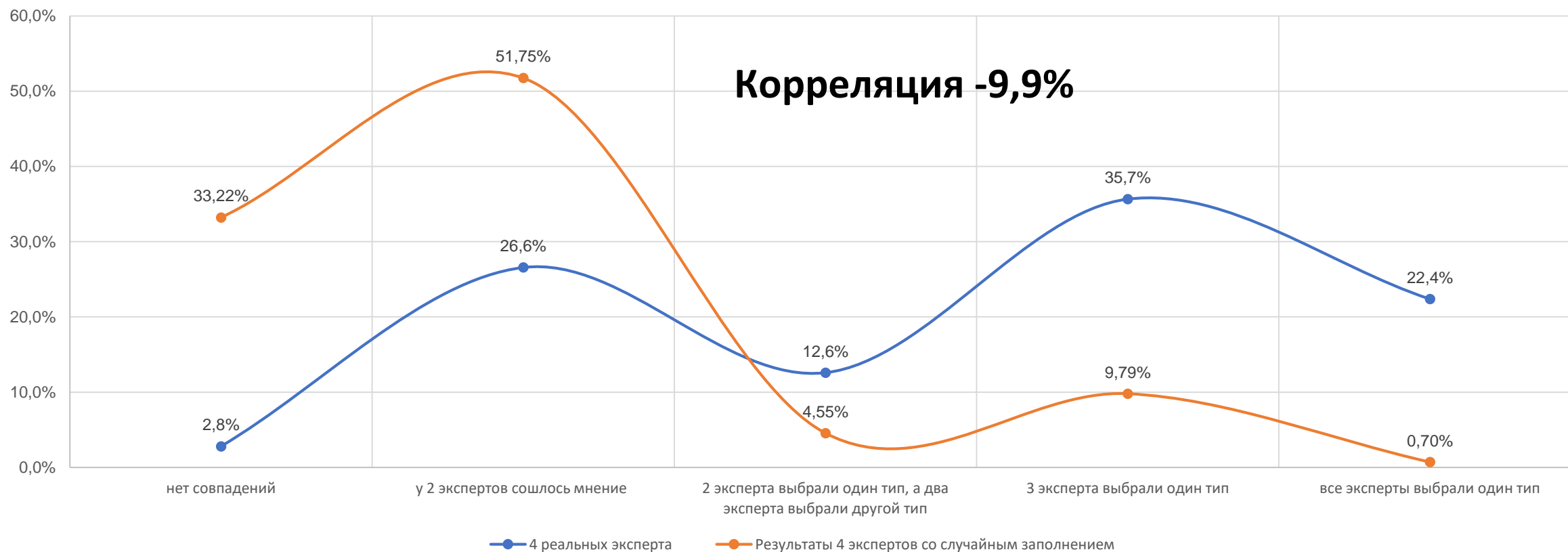
Собрана картотека из 286 исходных проблемных ситуаций



Разработанные типы проблем воспринимаются экспертами однозначно при определении типа исходной задачи.

Проверка добросовестности экспертов

Сравнение результатов верификации со «случайными экспертами»



При генерации результатов случайным образом распределение смещено в сторону «нет совпадений» и «у 2 экспертов сошлось мнение» - суммарно ~85%, в то время как у реальных экспертов это значение составляет ~29%. Результаты от реальных экспертов носят неслучайный характер.

Методика выбора аналитических инструментов по типу проблемы

	ФА	ПСА	Потоковый анализ	Анализ процессов	ФСА	MRV	Анализ пределов развития	Диверсионный анализ	Бенчмаркинг	ФОП	Обратный ФОП	Объединение АТС
ФА		-	-	-	Снизить материалоемкость	-	-	-	-	Поиск технологий	Создать новый рынок	-
ПСА	-	Устранить недостаток объекта	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Потоковый анализ	Недостатки потоков	Недостатки потоков		-	-	-	Недостатки потоков	-	-	-	-	-
Анализ процессов	Повысить производительность	Повысить производительность	-		-	-	Повысить производительность	-	-	-	-	-
ФСА	-	-	-	-	Снизить материалоемкость	-	-	-	2	-	-	-
MRV	Увеличить рынок	-	-	-	-		Увеличить рынок	-	-	-	-	-
Анализ пределов развития	Повысить производительность	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Диверсионный анализ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Бенчмаркинг	-	-	-	-	-	-	-	Во всех типах	-	-	-	Поиск технологий
ФОП	-	-	-	1	-	-	-	-	Поиск технологий	-	-	-
Обратный ФОП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Объединение АТС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Исследование методов оценки
проблемных ситуаций как способа
формирования входа для алгоритма
построения дорожных карт**

Выбранная методика оценки проблемных ситуаций

Модель исходной проблемной ситуации:

- целевая метрика
- объект
- требование 1
- конфликтующее требование 2
- способы достижения требований
- элемент и свойство элемента, от которого зависит выполнение требования 1 и 2
- надсистемы

Шкала оценки компонент:

1 - Нет

2 - Не ясно есть или нет (не достаточно информации, сомнительная информация)

3 - Много, но нечетко сформулированных

4 - Много четко сформулированных, но не ясно какой выбрать

5 – Есть

Примеры исходных проблемных ситуаций

- **Пример 1.** «Раны заклеивают пластырем, и кожа не «дышит». Как быть?»
- **Пример 2.** «В процессе работы котла происходит образование пены на границе воды и пара. Поднимаясь с паром в паропроводы, пена ведет к снижению сухости пара, прикипает к поверхностям паропроводов и теплообменных аппаратов и, следовательно, ведет к снижению эффективности теплопередачи. Наличие пены обусловлено высокой щелочностью воды, что приводит к щелочной коррозии поверхностей котла.»
- **Пример 3.** «Неэффективная выработка электроэнергии из-за ручного регулирования параметрами работы турбогенератора в отопительный сезон.»
- **Пример 4.** «Разрушение футеровки ковша для выливки металла.»
- **Пример 5.** «Бункер АПГ загружается машиной МЗГВ. При загрузке глинозема в бункер вытесняется находящийся в нем воздух, который выходит вместе с глиноземом. Если уменьшить подачу глинозема в бункер пыление уменьшается, но при этом уменьшается производительность машиной МЗГВ.»

Примеры оценивания ситуаций

Пример 1. «Раны заклеивают пластырем, и кожа не «дышит». Как быть?»

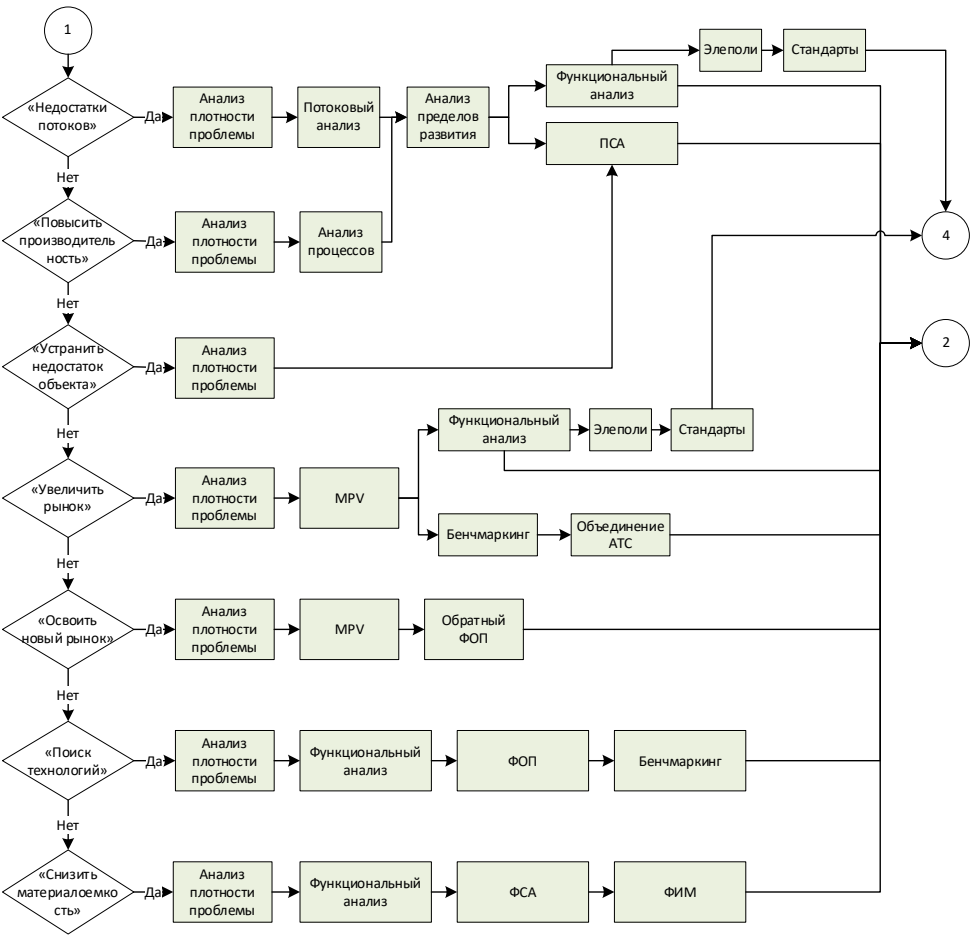
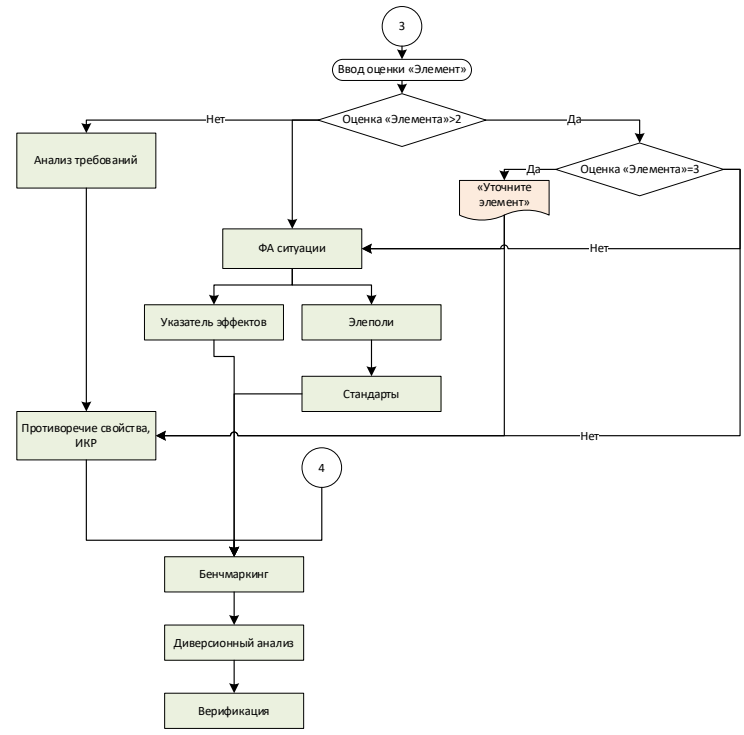
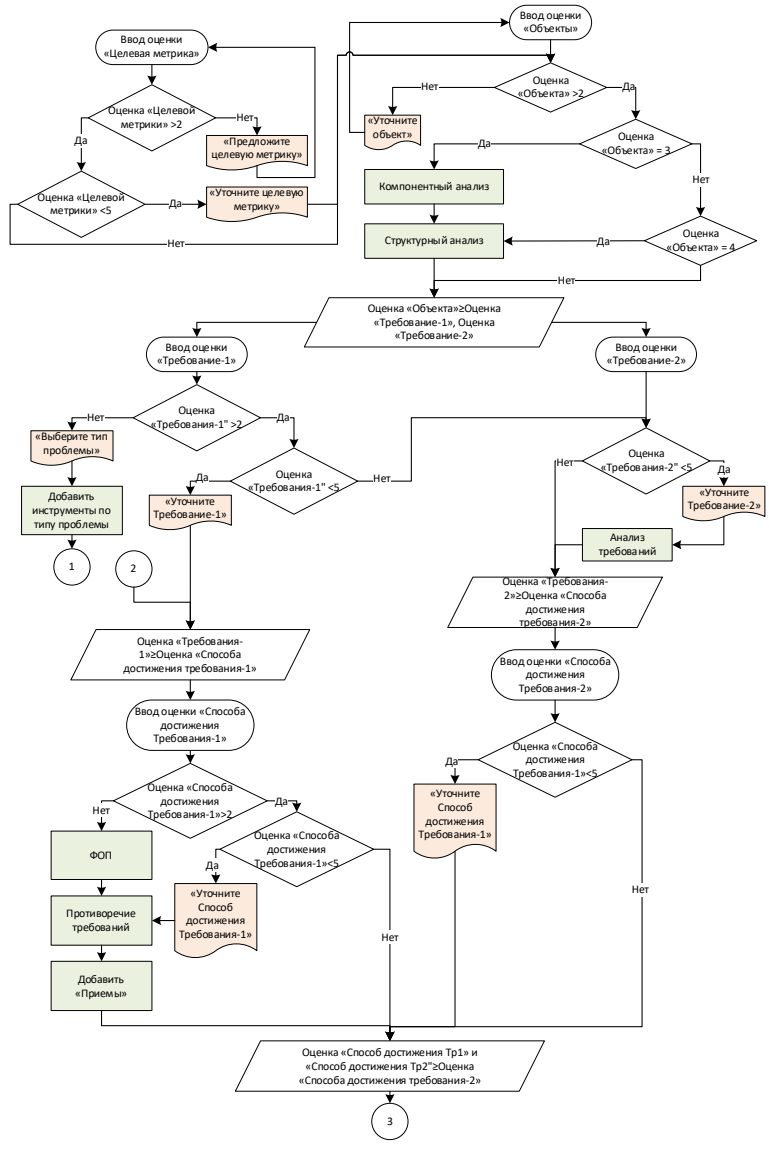
Компонент описания ситуации	Формулировки компонент проблемной ситуации	Оценка	Обоснование оценки
Целевая метрика	Нет	1	В описании целевая метрика не обозначена
Объект	Раны, пластырь, кожа	3	Объектов много, но деталей по объектам нет. Непонятно какой пластырь, раны и кожа, каковы их особенности и т.п.
Требование1	-	1	Из описания требование 1 не извлечь
Конфликтующее требование 2	-	1	Из описания требование 2 не извлечь
Способы достижения требований	-	1	На предыдущем шаге была поставлена оценка 1
Элемент и свойство элемента, от которого зависит выполнение требования 1 и 2	-	1	На предыдущем шаге была поставлена оценка 1
Надсистемы	-	1	Из описания надсистемы не извлечь

Примеры оценивания ситуаций

Пример 2. «В процессе работы котла происходит образование пены на границе воды и пара. Поднимаясь с паром в паропроводы, пена ведет к снижению сухости пара, прикипает к поверхностям паропроводов и теплообменных аппаратов и, следовательно, ведет к снижению эффективности теплопередачи. Наличие пены обусловлено высокой щелочностью воды, что приводит к щелочной коррозии поверхностей котла.»

Компонент описания ситуации	Формулировки компонент проблемной ситуации	Оценка	Обоснование оценки
Целевая метрика	Сухость пара, эффективность теплопередачи, щелочность воды	4	Целевых метрик три, они четко сформулированы, но непонятно, какую именно выбрать
Объект	Котел, пена, вода, пар, паропроводы, теплообменные аппараты	4	Объектов много - 6, из контекста описания ситуации объекты четкие и понятные, но непонятно какой именно выбрать для анализа
Требование1	-	2	Есть подозрение, что Требование 1 может быть «пена не должна прикипать с поверхности паропроводов». Но так как уверенности в этом нет, то была поставлена оценка 2
Конфликтующее требование 2	-	1	Из описания требование 2 не извлечь
Способы достижения требований	-	1	На предыдущем шаге была поставлена оценка 1
Элемент и свойство элемента, от которого зависит выполнение требования 1 и 2	-	1	На предыдущем шаге была поставлена оценка 1
Надсистемы	-	1	Из описания надсистемы не извлечь

**Алгоритм автоматизированного построения
Дорожных карт на основе описания
исходной ситуации**

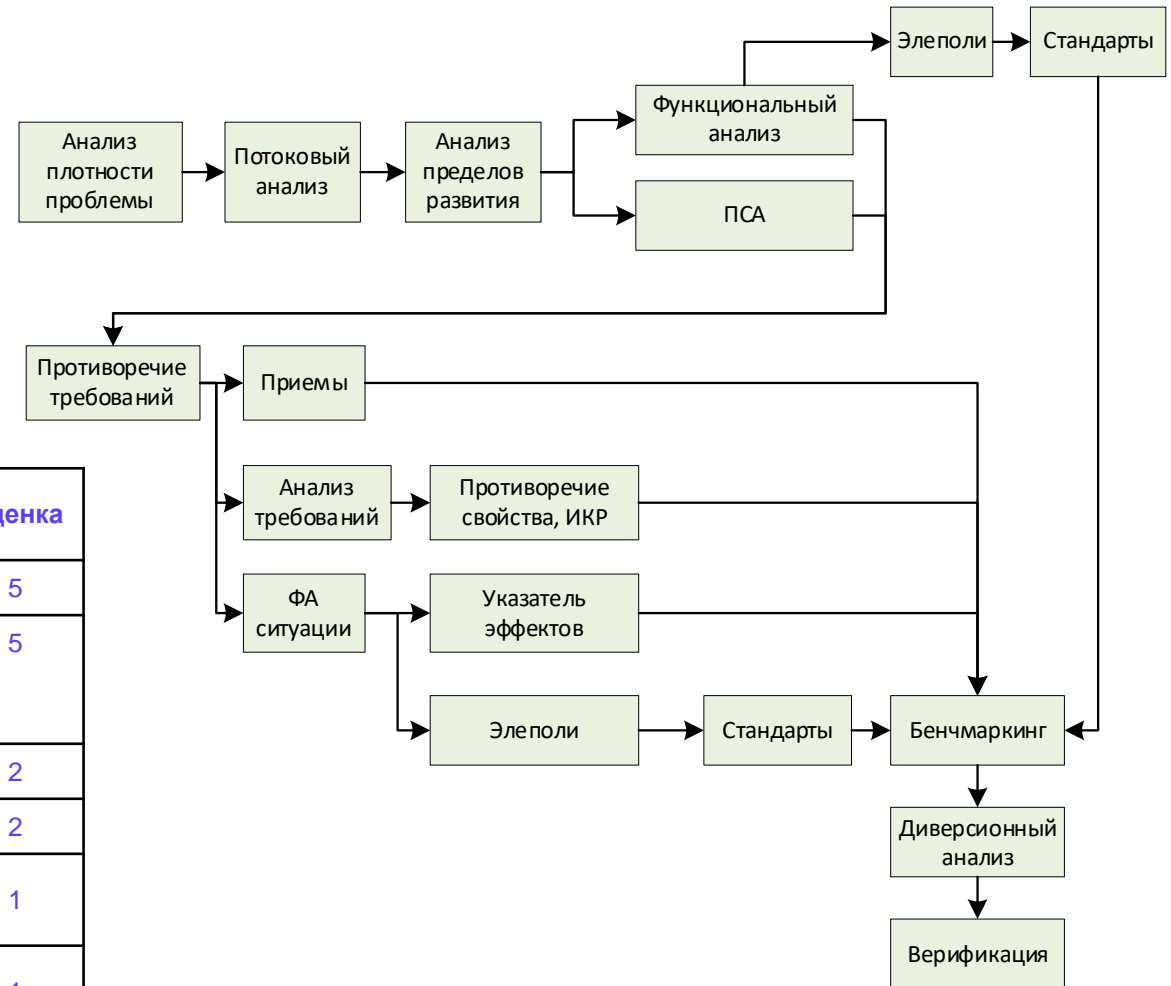


Применение алгоритма на примере

Пример 3. «На кремниво-преобразовательной подстанции, питающей серию электролизеров постоянным током, возникают потери энергии на преобразование переменного тока в постоянный. Эти потери связаны с тем, что удельное сопротивление проводника увеличивается с повышением его температуры при недостаточном охлаждении токопроводящих частей выпрямителей тока. Тепло от токопроводящих частей отводится дистиллированной водой, которая в свою очередь охлаждается оборотной водой с градирни через пластинчатый теплообменник.»

Тип проблемы: Недостатки потоков

Компонент описания ситуации	Формулировки компонент проблемной ситуации	Оценка
Целевая метрика	потери электроэнергии на преобразование тока	5
Объект	кремниво-преобразовательная подстанция, серия электролизеров, ток, выпрямители, токопроводящие части , дистиллированная вода, оборотная вода, градирня	5
Требование 1	-	2
Требование 2	-	2
Способы достижения требований	-	1
Элемент и свойство элемента	-	1
Надсистемы	-	1



Область применения алгоритма и ограничения

Область применения разработанного алгоритма построения дорожных карты распространяется на производственные ТРИЗ-проекты и определяется типами проблем.

Ограничения:

- В алгоритме используются наиболее востребованные в производственных ТРИЗ-проектах инструменты;
- Алгоритм не предназначен для построения дорожной карты прогнозных ТРИЗ-проектов.

Исследование эффективности разработанного алгоритма

Отобрано 8 реальных исходных проблемных ситуаций

Пример 1 «При монтаже анодов в процессе заливки происходит выброс расплавленного металла из гнезда анододержателя (вскип), что в дальнейшем приводит к неравномерному распределению металла в ниппельном гнезде. Приходится дорабатывать готовую продукцию путем доливки расплавленного металла вручную в зоне монтажа анодов. Вскипы влияют на качество изготовленного анода и перепады напряжения в электролизере в процессе работы.»

Пример 2 «На участке упаковки готовой продукции упаковывают бухты катанки согласно разработанным схемам упаковки и требованиям потребителя. К упаковочным материалам, которые используются при данной процедуре относятся: Поддон деревянный, Силикагель в тканевых мешках, Пленка «Антикоррозийный рукав», Упаковочный материал с ворсом/без ворса, Круг торцевой с ворсом, Круг из гофрокартона, Лента ПЭТ, Уголок защитный. Требуется снизить затраты на упаковку на 10%».

Пример 3 «Газоочистная установка, представляет собой комплекс устройств и оборудования, предназначенных для очистки газов, удаляемых от колокольных газосборников электролизеров с целью предохранения воздушного бассейна от загрязнения промышленными выбросами. В процессе «мокрой» очистки исходным сырьем являются электролизные газы, прошедшие «сухую» ступень очистки и водный раствор кальцинированной соды для очистки от диоксида серы. Необходимо снизить расход соды кальцинированной на приготовление содового раствора.»

Пример 4 «Производство литья ЛЗ сплава ХХХХ на СК2, СК3 приводит к значительному снижению производительности линий и снижению объемов производства, соответственно для компенсации потерь используются медные бандажи. Необходимо увеличить производительность ЛУ (литейного участка) при производстве сплава ХХХХ.»

Результаты исследования эффективности работы алгоритма (91%)

Уровень эксперта \ Ситуация	4 уровень	4 уровень	Мастер ТРИЗ	3 уровень	Среднее
1	74%	83%	87%	91%	84%
2	100%	64%	92%	100%	89%
3	100%	76%	100%	84%	90%
4	100%	100%	100%	100%	100%
5	нет данных	83%	100%	90%	91%
6	71%	100%	100%	86%	89%
7	100%	100%	100%	78%	95%
8	нет данных	91%	100%	83%	91%

Дальнейшие планы развития

- Подключение возможностей языковых моделей ИИ для анализа описания исходной проблемной ситуации и автоматического выделения компонент исходной проблемной ситуации с последующей оценкой и корректировкой пользователем
- Создание тренажера по формированию дорожных карт для руководителей ТРИЗ-проектов
- Подсчет временных затрат ТРИЗ-проекта на основе построенной дорожной карты
- Выявление рисков ТРИЗ-проекта на основе построенной дорожной карты
- Уточнение последовательности применения инструментов ТРИЗ в дорожных картах на основе накопленного опыта взаимодействия с алгоритмом
- Уточнение типов проблем на основе расширенных картотек исходных проблемных ситуаций



Q&A

SESSION

