*Прецедент* включает в себя:

(1) описание ситуации;

(2) решение, которое было принято в этой ситуации;

(3) результат применения решения.

В нашей задаче прецедент представляет собой *часть* протокола технологической операции (ТО), куда не входят: общие сведения о ТО (название ТО, номер протокола, а также срок, цель и место выполнения ТО), комментарии (примечания) технолога, условия окружающей среды при выполнении ТО.

Необходимо определить отношение подобия (близости) / меру подобия (сходства) для части (1) прецедента (т.е. для описаний ситуаций).

Про пропуски (на данном этапе считаем, что ТЗ специфицируется полностью, но, тем не менее):

- элемент ТЗ есть в базе, но этого элемента нет в новом случае (новом ТЗ) – считаем подобными, в новом выставляем значение из базы (при сравнении);

- элемента ТЗ нет в базе, но он есть в новом случае (новом ТЗ) – считаем по отсутствующим полное различие (при сравнении).

*Формализация подобия (близости)*

|  |  |
| --- | --- |
| **зелёный** | полное совпадение (то, что принимается за полное совпадение значений соответствующих объектов/характеристик) (числовой эквивалент – 0) |
| **оранжевый** | частичное совпадение (совпадение значений объектов/характеристик от <*число1*>% до < *число2*>%) (числовой эквивалент – 5) |
| **красный** | означает не совпадение (или совпадение значений объектов/характеристик менее <*число*> %) (числовой эквивалент – 10) |

Определим *Sim*: элемент ситуации × элемент ситуации → {0, 5, 10}

// множество неотрицательных вещественных чисел (из диапазона [0, 1], если нормирование?)

Может быть также введена экспертная *оценка важности/значимости (вес) элемента ситуации* (коэффициент *ki* (*ki* > 0) для *Sim*).

*Примечание.*

На первом этапе не вводим оценочные коэффициенты!

Описание ситуации представляет собой описание технического задания (ТЗ) на выполнение ТО.

*Примечание.*

Было принято решение не включать в описание ситуации *условия окружающей среды* при выполнении ТО.

Соответственно,

*Sim*(Описание ситуации1, Описание ситуации2) = *Sim*(ТЗ1, ТЗ2)

**Техническое задание**

Включает в себя следующие элементы:

- *объект обработки* – подложка или деталь,

- *материал для выполнения ТО* – металлический порошок (их может быть более одного) или металлическая проволока,

- *технологические газы*, используемые для выполнения ТО,

- *требования к результату ТО*.

Соответственно,

*Sim*(ТЗ1, ТЗ2) =

*k1*\**Sim*(Объект обработки1, Объект обработки2)

+

*k2*\**Sim*(Материал для выполнения ТО1, Материал для выполнения ТО2)

+

*k3*\**Sim*(Технологические газы1, Технологические газы2)

+

*k4*\**Sim*(Требования к результату операции1, Требования к результату операции2)

**Объект обработки**

***Подложка***

Существенными характеристиками являются:

- материал,

- масса,

- геометрические характеристики – как правило, подложка представляет собой прямоугольный параллелепипед, либо цилиндр, редко – шар. Геометрические характеристики важны с точки зрения распространения энергии.

Соответственно,

*Sim*(Подложка1, Подложка2) =

*k1*\**Sim*(Материал1, Материал2)

+

*k2*\**Sim*(Масса1, Масса2)

+

*k3*\**Sim*(Геометрические характеристики1, Геометрические характеристики2)

***Материал***

Существенными характеристиками материала являются:

- элементный состав,

- микроструктура,

- свойства (физические, механические, эксплуатационные и т.п.),

- аналоги.

**Подобие материалов:**

1. В нормативном документе (справочнике) (у нас – в информационном ресурсе «*Справочник по материалам*») один из материалов явно указан в перечне аналогичных для другого. В этом случае пара отмечается как **зелёная**.

2. Если материалы принадлежат разным классам материалов, то пара отмечается как **красная**.

3. В остальных случаях (на *1-ом этапе*) подобие материалов сводится к подобию их элементных составов.

Элементный состав представляет собой множество пар: элемент (как правило, это химический элемент, реже – их совокупность) – процентное содержание (чаще всего, это вещественный интервал).

*Sim*(Элементный состав1, Элементный состав2).

**Подобие элементных составов:** (на *1-ом этапе*)

1. *Основа* должна совпадать/быть одинаковой: проверка на совпадение наименований химических элементов, указанных в составах в качестве основы.

2. Состав элементов должен совпадать/быть одинаковым – для каждого элемента из Элементный состав1 должен найтись одноименный элемент в Элементный состав2 (т.е. должно быть установлено взаимно-однозначное соответствие).

3. Процентное содержание у соответствующих элементов:

3.1. если процентное содержание1 – *вещественный интервал* [a, b] и процентное содержание2 – *вещественный интервал* [c, d], то рассматриваются три возможных варианта:

3.1.1. если для интервалов имеет место отношение включения, т.е. [a, b] ⊂ [c, d] или [c, d] ⊂ [a, b], то пара отмечается как **зелёная**;

3.1.2. если пересечение интервалов не есть пустое множество, т.е. [a, b] ∩ [c, d] ≠ ∅, то пара отмечается как **оранжевая**;

3.1.3. если пересечение интервалов есть пустое множество, т.е. [a, b] ∩ [c, d] = ∅, то пара отмечается как **красная**.

3.2. процентное содержание1 – *вещественный интервал* [a, b], а процентное содержание2 – *не более*, т.е. вещественный интервал [0, d] или процентное содержание1 – *не более*, т.е. вещественный интервал [0, b] а процентное содержание2 – *вещественный интервал* [c, d]. Рассматриваются три возможных варианта, аналогичных 3.1.1–3.1.3.

3.3. процентное содержание1 – *не более*, т.е. вещественный интервал [0, b] и процентное содержание2 – *не более*, т.е. вещественный интервал [0, d] В этом случае, если b = d, то пара отмечается как **зелёная**, в противном случае пара отмечается как **оранжевая**.

4. Далее для определения подобия элементных составов выясняется процент пар, отмеченных как **зелёные**. Если таких пар 90-100%, то рассматриваемая пара элементных составов отмечается как **зелёная**, 70-89% – **оранжевая**, менее 70% – **красная**.

*Примечание.*

Вопрос подобия микроструктур на *1-ом этапе* пока не рассматриваем.

----------------------------------------------------------------------------------------------------

*Sim*(Микроструктура1, Микроструктура2).

**Подобие микроструктур:**

может зависеть от способа представления микроструктур

- сравнение двух изображений (на которых что-то (например, форма и размер зерна) должно быть выделено и понятно, как сравнить) есть сторонние программные средства

- сейчас есть некоторое представление для спецификации микроструктур, нужно понять, насколько хорошо оно подходит для описания подобия в его терминах

----------------------------------------------------------------------------------------------------

*Sim*(Масса1, Масса2).

**Подобие масс:**

Имеют место следующие пять интервалов, в пределах которых массы считаются близкими (считаем условно, что между ними расстояние 0):

1 – [0.01 … 0.1] кг

2 – (0.1 … 1) кг

3 – [1 … 10] кг

4 – (10 … 100] кг

5 – (100 … 400] кг

Далее сначала каждый из этих интервалов делится пополам, а затем на каждом (*i*+1)-ом интервале от его левой границы откладывается отрезок, равный половине *i*-го интервала (*i* = 1, …, 4), образуя два подинтервала (см. рисунок).

Изображение выглядит как текст, диаграмма, линия, График

Автоматически созданное описание

В соответствии с выполненным разбиением имеем следующие случаи.

1. Если значение массы *m1* и значение массы *m2* принадлежат одному и тому же интервалу (из пяти исходных), то пара отмечается как **зелёная**.

2. Если значение массы *m1* и значение массы *m2* принадлежат несмежным интервалам, то пара отмечается как **красная**.

3. Если значение массы *m1* и значение массы *m2* принадлежат смежным интервалам, то возможны три ситуации (без ограничения общности считаем, что значение *m1* принадлежит *i*-му интервалу, а значение *m2* – (*i*+1)-му, который разбит на три подинтервала так, как описано выше):

3.1. если значение m2 попадает в 1-ый подинтервал (*i*+1)-го интервала, то пара отмечается как **зелёная**;

3.2. если значение m2 попадает во 2-ой подинтервал (*i*+1)-го интервала, то пара отмечается как **оранжевая**;

3.3. если значение m2 попадает во 3-ий подинтервал (*i*+1)-го интервала, то пара отмечается как **красная**.

*Sim*(Геометрические характеристики1, Геометрические характеристики2).

**Подобие геометрических характеристик:**

На *1-ом этапе* сводится к установлению взаимно-однозначного соответствия на двух наборах характеристик.

Состав геометрических характеристик должен быть одинаковым – для каждого элемента из Геометрические характеристики1 должен найтись одноименный элемент в Геометрические характеристики2.

Если состав геометрических характеристик оказался одинаковым, то пара отмечается как **зелёная**, в противном случае пара отмечается как **красная**.

*Примечание 1*.

Значения соответствующих характеристик пока решено не принимать в расчет.

Таким образом, это сравнение двух графовых структур (без сравнения значений характеристик).

*Примечание 2*.

В геометрических характеристиках очень важна *толщина стенки*.

------------------------------------------------------------------------------------

- если это два файла с 3D-моделью (например, \*.stl), то как определять похожесть? Анализировать содержимое? Скорее всего, нужно использовать какое-нибудь стороннее средство.

- один – файл, другой – набор характеристик, не сравнивать;

***Деталь***

Существенными характеристиками также являются:

- материал,

- масса,

- геометрические характеристики

Соответственно,

*Sim*(Деталь1, Деталь2) =

*k1*\**Sim*(Материал1, Материал2)

+

*k2*\**Sim*(Масса1, Масса2)

+

*k3*\**Sim*(Геометрические характеристики1, Геометрические характеристики2)

*Примечание.*

По сравнению с подложкой тут может быть случай, когда материал так называемой рабочей поверхности детали может отличаться от материала её основы.

В этом случае рассматриваем материал, который непосредственно подвергается обработке.

***Материал для выполнения ТО***

Это металлический порошок или металлическая проволока. При этом, эти виды материалов безусловно считаются разными.

*Примечание.*

Случай использования нескольких (более одного) порошков на данном этапе не рассматриваем.

*Металлический порошок*

**Подобие металлических порошков:**

1. В нормативном документе (справочнике) (у нас – в информационном ресурсе «*База металлопорошковых материалов*») один из порошков явно указан в перечне аналогичных для другого. В этом случае пара отмечается как **зелёная**.

2. Если порошки принадлежат разным классам порошков (это, прежде всего, означает, что у них разная основа материала/сплава, из которого они изготовлены), то пара отмечается как **красная**.

3. В противном случае (на *1-ом этапе*) подобие металлических порошков определяется следующим образом.

3.1. должны быть подобны сплавы, из которых изготовлены рассматриваемые металлические порошки;

3.2. *метод получения* порошков должен быть одинаков: проверка на совпадение названий методов получения («дробление», «распыление расплава» и т.д.);

3.3. *размеры частиц*, задаваемые целочисленными интервалами:



3.3.1. если для *диапазона размеров1* [a, b] и *диапазона размеров2* [c, d] имеют место отношения включения [a, b] ⊂ [100, 200] и [c, d] ⊂ [100, 200], то пара отмечается как **зелёная**;

3.3.2. если интервалы [a, b] и [c, d] целиком включены в несмежные интервалы, то пара отмечается как **красная**;

3.3.3. если интервалы [a, b] и [c, d] целиком включены в смежные интервалы, то пара отмечается как **оранжевая**;

3.3.4. если границы интервалов (или хотя бы одного из интервалов) [a, b] и [c, d] принадлежат разным зонам, то рассматривается взаимное расположение интервалов.

3.3.4.1. если для интервалов имеет место отношение включения, т.е. [a, b] ⊂ [c, d] или [c, d] ⊂ [a, b], то пара отмечается как **зелёная**;

3.3.4.2. если пересечение интервалов не есть пустое множество, т.е. [a, b] ∩ [c, d] ≠ ∅, то пара отмечается как **оранжевая**;

3.3.4.3. если пересечение интервалов есть пустое множество, т.е. [a, b] ∩ [c, d] = ∅, то пара отмечается как **красная**.

Далее, цвет для пункта 3 интегрально определяется на основе цветов, полученных для пунктов 3.1–3.3, по следующему правилу: из трех цветов всегда берется цвет, означающий **наименьшую** похожесть.

*Металлическая проволока*

**Подобие металлических проволок:**

1. В нормативном документе (справочнике) (у нас – в информационном ресурсе «*База металлопроволочных материалов*») одна из проволок явно указан в перечне аналогичных для другой. В этом случае пара отмечается как **зелёная**.

2. Если проволоки принадлежат разным классам проволок (это, прежде всего, означает, что у них разная основа материала/сплава, из которого они изготовлены), то пара отмечается как **красная**.

3. В противном случае (на *1-ом этапе*) подобие металлических проволок определяется следующим образом.

3.1. должны быть подобны сплавы, из которых изготовлены рассматриваемые металлические проволоки;

3.2. *диаметры* проволок:



3.2.1. если значение диаметра *d1* и значение диаметра *d2* принадлежат одному и тому же интервалу, то пара отмечается как **зелёная**;

3.2.2. если значение диаметра *d1* и значение диаметра *d2* принадлежат смежным интервалам, то пара отмечается как **оранжевая**;

3.2.3. если значение диаметра *d1* и значение диаметра *d2* принадлежат несмежным интервалам, то пара отмечается как **красная**.

*Примечание.*

*Метод получения* проволок пока не принимаем в расчет.

***Технологические газы***

Это моногаз или многокомпонентная газовая смесь. При этом, эти виды технологических газов безусловно считаются разными.

*Моногаз*

Существенными характеристиками моногаза являются:

- химическое обозначение (формула)

- сорт

-марка

- объемная доля (в %) – множество пар вида <компонент, процентное содержание>

**Подобие моногазов:** (на *1-ом этапе*)

1. Если моногазы принадлежат разным классам газов (например, инертные, активные, неактивные), то пара отмечается как **красная**.

2. Если моногазы имеют разные названия (обозначения), то пара отмечается как **красная**.

3. Если моногазы имеют одинаковые названия (обозначения), то возможны следующие варианты.

3.1. Если для обоих моногазов указаны их *сорт* и *марка*, то:

3.1.1. если они одинаковы (*сорт1* = *сорт2* и *марка1* = *марка2*), то пара отмечается как **зелёная**;

3.1.2. в остальных 3-ёх случаях пара отмечается как **оранжевая**.

3.2. Если для одного моногаза не указан его *сорт* или *марка* и для второго моногаза не указан его *сорт* или *марка*, то:

3.2.1. если указаны одни и те же характеристики (*сорт1* и *сорт2* или *марка1* и *марка2*), то если значения этих характеристик совпадают, то пара отмечается как **зелёная**, в противном случае пара отмечается как **оранжевая**;

3.2.2. если указаны разные характеристики (*сорт1* и *марка2* или *марка1* и *сорт2*), то пара отмечается как **оранжевая**.

3.3. Если для одного из моногазов указаны его *сорт* и *марка*, а для другого одна из этих характеристик отсутствует, то если значения имеющихся характеристик (*сорт1* и *сорт2* или *марка1* и *марка2*) совпадают, то пара отмечается как **зелёная**, в противном случае пара отмечается как **оранжевая**.

3.4. Если для одного из моногазов не указаны его *сорт* и *марка*, а для другого указаны, то пара отмечается как **оранжевая**.

3.5. Если ни для одного из моногазов не указаны их *сорт* и *марка*, то пара отмечается как **зелёная**.

*Примечание.* Объемные доли компонентов пока не принимаем в расчет.

*Многокомпонентная газовая смесь*

Существенными характеристиками газовой смеси являются:

- обозначение (формула)

- объемная доля (в %)

**Подобие газовых смесей:**

*Случай уже готовой многокомпонентной газовой смеси, которая смешана и дана в одной таре (баллоне) «от изготовителя»*

1. Если газовые смеси имеют одинаковые названия (обозначения), то пара отмечается как **зелёная**, в противном случае пара отмечается как **красная**.

*Случай, когда газовая смесь готовится из нескольких моногазов самостоятельно («на месте»), непосредственно при подготовке к ТО*

Имеем n пар вида:

**Моногаз:** <наименование газа, марка, сорт>**Объемная доля, %:** <число>

1. Состав моногазов должен совпадать/быть одинаковым – для каждого элемента из Газовая смесь1 должен найтись одноименный элемент в Газовая смесь2 (т.е. должно быть установлено взаимно-однозначное соответствие).

2. Должны быть подобны соответствующие моногазы.

3. Процентное содержание (объемная доля) соответствующих моногазов:

3.1. если процентное содержание соответствующих моногазов отличается не более чем на 10%, то пара отмечается как **зелёная**;

3.2. если процентное содержание соответствующих моногазов отличается не более чем на 30%, то пара отмечается как **оранжевая**;

3.3. если процентное содержание соответствующих моногазов отличается более чем на 40%, то пара отмечается как **красная**.

***Требования к результату операции***

*Sim*(Требования к результату операции1, Требования к результату операции2) =

*k1*\**Sim*(Геометрические характеристики1, Геометрические характеристики2)

+

*k2*\**Sim*(Дефекты наплавленного материала1, Дефекты наплавленного материала2)

+

*k3*\**Sim*(Элементный состав1, Элементный состав2)

+

*k4*\**Sim*(Микроструктура1, Микроструктура2)

**Подобие описаний дефектов:**

Из дефектов рассматриваем только *пористость*, поскольку для всех остальных дефектов требуется, как правило, их полное отсутствие.

1. Процентное содержание пор в виде «не более <число> %»

- если значения *пористость1* и *пористость2* – <число1> и <число2> отличаются не более чем на 10%, то пара отмечается как **зелёная**;

- если значения *пористость1* и *пористость2* – <число1> и <число2> отличаются более чем на 10%, но не более чем на чем на 30%, то пара отмечается как **оранжевая**;

- если значения *пористость1* и *пористость2* – <число1> и <число2> отличаются более чем на 30%, то пара отмечается как **красная**.

Подобие численных характеристик детали (механических, эксплуатационных) – тех, которые хотели получить и тех, которые фактически получили (это до постобработки?):

*за похожесть приняли различие не более чем на 10%*.

----------------------------------------------------------------------------------------------------

**Элементы дальнейшего улучшения (метода).**

1. При сравнении ситуаций имеет смысл анализировать и результат, т.е. часть (3) прецедента. Также для операции сравнения может быть важно различать, что принадлежит базе (ситуация из базы прецедентов), а что является новым случаем (текущая ситуация).

2. При сравнении порошков может понадобиться ввести *коэффициент важности* компонентов.

3. Неполные данные в текущей ситуации, неполные данные в ситуации из базы прецедентов.

4. Следует уделить больше внимания на процесс описания подобия характеристик материалов (деталь, подложка).

Подобия «элементного состава» и «микро и макроструктуры» материала должны определяться/характеризоваться не только процентным содержанием химических элементов, но и более глубоким пониманием кристаллической структуры материала. Введение «коэффициента важности компонентов», конечно, сыграет свою роль, но в данном случае важно уловить «природу/закономерность» влияния отдельных химических элементов на свойства материала, как после лазерной обработки, так и после термической, химической, механической и др. видов «постобработки» готовой детали.

5. Поскольку мы рассматриваем «аддитивный процесс», необходимо уделить внимание электронным моделям деталей (особенностям электронных моделей для АП) и стратегиям построения деталей по их электронным моделям.

Это уже про другое.

----------------------------------------------------------------------------------------------------

Какие-то выходные параметры зависят только от части входных параметров, а какие-то от всей совокупности?

Нужно иметь декларативно представленную (описанную) функциональную зависимость каких-то выходных параметров от конкретного набора входных

Это может быть информационный ресурс типа таблицы соответствий