Консультация к отдельным вопросам государственного экзамена магистратуры ВМК в 2020-21 гг. для студентов, обучающихся по магистерским программам «Компиляторные технологии» и «Технологии программирования»

Вопрос 3. *Основные сведения об объектном языке ограничений (OCL): состав OCL-выражения, навигация по ассоциациям, виды коллекций, операции с коллекциями, учёт наследования в выражениях и наследование ограничений. Примеры использования OCL.*

Ограничение (constraint) – это условие, накладываемое на значения одного или нескольких элементов модели. Ограничение не является инструкцией или командой, которую следует выполнить, оно формулируется как утверждение, которое должно быть истинным. Под элементом модели здесь имеется в виду объект, или класс, или пакет, или подсистема, или атрибут, или операция, или связь. Ограничение, записанное на естественном языке, неформально, его можно неправильно трактовать. Поэтому имеет смысл использовать для записи формальный язык, который не допускает произвольных толкований и имеет стандартный синтаксис и семантику. Таковым является объектный язык ограничений OCL (Object Constraint Language).

OCL – это текстовый (невизуальный) язык описания ограничений. OCL язык со строгой типизацией. OCL декларативный язык (для ограничений не определяется конкретная процедура их проверки). Никакое OCL-ограничение не меняет состояния элементов модели, не добавляет в модель новых элементов, не удаляет элементы из модели, у ограничения нет побочных эффектов. OCL может быть использован для формулирования запросов, возвращающих целое значение, вещественное, строку, объект, коллекцию и т. п.. При этом, вообще говоря, не определяется способ вычисления этого запроса. OCL-запрос не обязательно при вычислении вернёт булеву величину, поэтому от понятия ограничения перейдём к более общему понятию – OCL-выражению.

Синтаксис OCL-выражения

<OCL-выражение> ::=

<указание контекста>

[(**inv** | **pre** | **post** | **body** | **init** | **derive** | **def**) **:** <тело выражения>]

В записи использованы символы языка БНФ: <> выделяют нетерминалы, (|) –вхождение одной из указанных альтернатив, [] вхождение 1 или более раз, {} – вхождение 0 или более раз. Терминалы записаны жирным шрифтом.

Контекст. В любом OCL-выражении указывается определенный контекст. Как правило, контекстом является элемент модели (класс, класс ассоциации, интерфейс и т.п.), с которым связано ограничение.

<указание контекста> ::= **context** <имя элемента модели>

Для того чтобы сослаться на произвольный экземпляр контекста в теле выражения используется слово **self**. Чтобы много раз не писать **self**, оно часто опускается. По смыслу **self** аналогично **this** в C++.

Классификация ограничений:

- Инвариант класса, который всегда справедлив для всех экземпляров класса (**inv:**).
- Предусловие операции, которое должно быть истинно перед выполнением операции (**pre:**).
- Постусловие операции, истинное всегда после выполнения операции (**post:**).
- Тело запроса – описание результата операции-запроса (**body:**)
- Начальное значение атрибута (**init:**)
- Правило вывода, описывающее производные атрибуты, ассоциации или классы (**derive:**).
- Дополнительное выражение, введённое для удобства записи других ограничений (**def:**).

В теле выражения используются

- выражения простых типов (boolean, integer, string, real);
- элементы модели, для которой составлено ограничение;
- коллекции.

Логический тип OCL почти таков как в языках программирования. Есть дополнительные операции **xor** и **implies**. Приоритет логических операций (кроме **not**) меньше арифметических и операций сравнения – так проще записывать сложные логические выражения. Целый и вещественный типы также стандартны. Имеются дополнительные операции **a.max(b)** и **a.min(b)**, возвращающие максимум и минимум из двух чисел. Строки также похожи на строки языков программирования,

только их нельзя сравнивать в лексикографическом порядке.

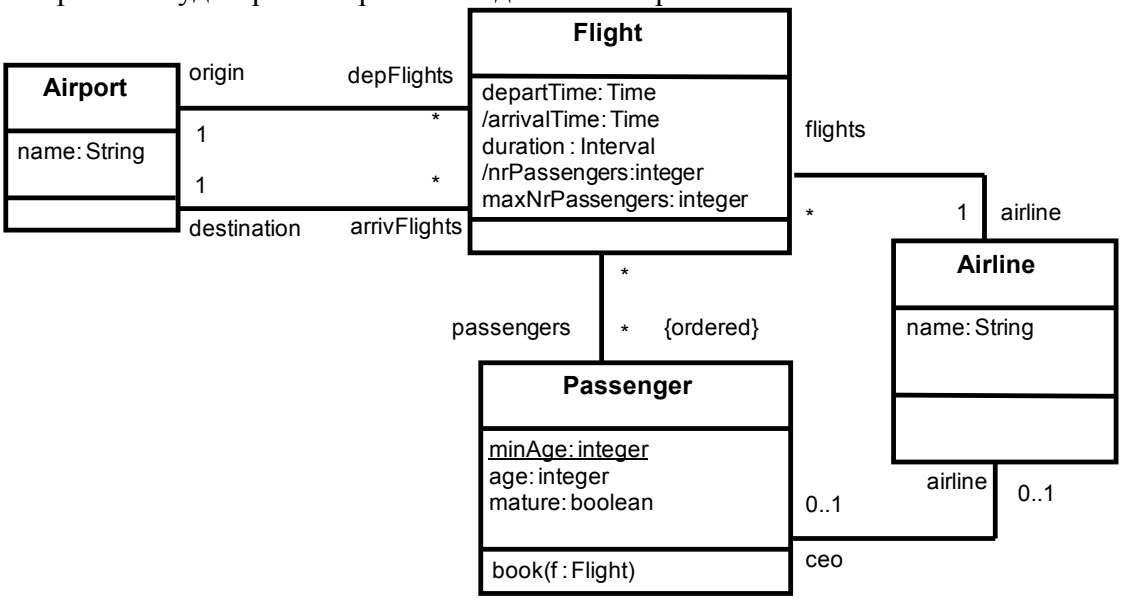
Пример: **context Airline inv: self.name.toLowerCase() = 'klm' –** здесь **'klm'** – строка, **toLowerCase()** – стандартная операция над строкой, дающая как результат строку в нижнем регистре. Смысл ограничения: у любого экземпляра класса Airline значение атрибута name, записанное строчным буквами совпадает со строкой **'klm'.**

В OCL употребляются условные выражения:

<условное выражение> ::=
if <логическое выражение> **then** <выражение>
else <выражение>
endif

Пример: **if (x >= 0) then x else – x endif** возвращает модуль **x** или **x.abs()**.

В телах OCL-выражений используются типы и имена (классов, атрибутов, операций) из модели. Далее в примерах мы будем рассматривать модель авиаперевозок:



Обратите внимание на производные атрибуты в классе Flight (arrivalTime, nrPassengers) и статический атрибут minAge класса Passenger.

Для указания атрибута или операции используется выражение с точкой:

<выражение>**.**<имя>

context Flight inv: self.maxNrPassengers <= 1000 – в любом рейсе максимальное количество пассажиров не превышает 1000 (использован атрибут объекта – экземпляра класса **Flight**).

context Flight:maxNrPassengers:Integer init: 1000 – в любом рейсе максимальное количество пассажиров по умолчанию = 1000.

context Passenger inv: self.age >= Passenger::minAge – у любого пассажира возраст больше минимального (использован атрибут **age** *экземпляра класса* **Passenger** и атрибут того же *класса* **minAge**).

Пример с производным атрибутом:

context Flight::arrivalTime:Time derive: departTime.plus(duration)

Пример определения операции:

context Interval::equals(i:Interval):Boolean body:
(self.nrOfDays*24+self.nrOfHours)*60+self.nrOfMins=(i.nrOfDays*24+i.nrOfHours)*60+i.nrOfMins

Заметим, что данное ограничение не описывает, вообще говоря, как именно проверяются интервалы на совпадение, допускается любой способ, который дает результат, совпадающий со значением из ограничения.

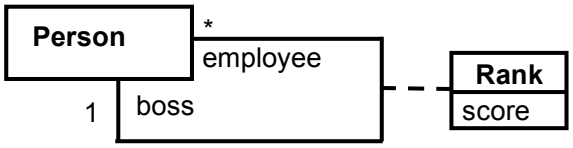
Поскольку ограничения часто накладываются не только на объекты классов, но и на связанные с ними объекты других классов, каждая ассоциация рассматривается как путь навигации. Контекст выражения является стартовой точкой. Имя роли определяет, по какой ассоциации осуществляется навигация (если их несколько), если ассоциация одна, то используется имя класса на другом конце ассоциации. Пример:

context Flight

inv: self.origin <> self.destination

inv: self.origin.name = 'Amsterdam' – у любого рейса аэропорт назначения и аэропорт вылета не совпадают, а также аэропорт вылета называется **'Amsterdam'**.

При перемещении вдоль рефлексивной ассоциации возникает необходимость указывать направление навигации (в примере по часовой или против часовой стрелки). Это сложно сделать, если нужно попасть в класс ассоциации. В этом случае помогают [].



context Person inv: self.Rank[boss].score > 0 Имеется в виду, что положительным должно быть значение атрибута score у экземпляра Rank босса персоны, т. е. что связь проходится по часовой стрелке.

При навигации по связям, если на другом конце указана мощность связи *, от одного объекта мы приходим к нескольким связанным с ним (например, один аэропорт является аэропортом вылета для нескольких рейсов), поэтому в OCL введено понятие коллекции. Вообще говоря, коллекции могут состоять либо из объектов, либо из элементов простых типов, либо из элементов типов, определенных в модели, либо из коллекций. Виды коллекций:

- Set (множество– неупорядоченный набор без повторов) – для экземпляра класса **Airport** прибывающие рейсы составляют множество объектов **Flight**.
- Bag (неупорядоченный набор с повторами) – для экземпляра класса **Airport** количества пассажиров на каждом из прибывающих рейсов составляют bag целочисленных значений.
- OrderedSet (упорядоченный набор без повторов) – для экземпляра класса **Flight** все его пассажиры составляют orderedSet объектов **Passenger**.
- Sequence (упорядоченный набор с повторами) – для экземпляра класса **Flight** возрасты всех его пассажиров составляют sequence целочисленных значений.

В OCL имеется большое количество предопределенных операций над коллекциями (isEmpty, size, includes, union …). Синтаксис: <коллекция> **->** <операция>

Операция **collect()** возвращает коллекцию значений, полученных при вычислениях выражения для всех элементов коллекции. Запись: <коллекция>**->collect(**<выражение>**) –** здесь и далее круглые скобки и | – символы OCL, а не языка БНФ. Сокращенная запись: <коллекция>**.**<выражение>

Пример: **context Airport inv: self.arrivingFlights -> collect(airLine) -> notEmpty() –** для любого аэропорта множество авиакомпаний, выполняющих прибывающие рейсы, не пусто. Приведена сокращенная запись. Полная (только правая часть):

self.arrivingFlights ->collect(e:Flight| e.AirLine)->notEmpty()

Вид возвращаемой collect() коллекции зависит от вида коллекции, к которой он применён. Если исходная коллекция неупорядочена, то результатом будет Bag, иначе – Sequence.

Второе, что надо учитывать, – collect всегда возвращает «плоскую коллекцию». Рассмотрим ограничение: **context Airport inv: self.arrivingFlights -> collect(Passenger)->notEmpty()**. Пассажиры каждого рейса образуют коллекцию (OrderedSet). Но вместо коллекции коллекций (Bag {OrderedSet{}}) мы получим Bag объектов Passenger, так как **collect()** «раскрывает внутренние скобки». Если нужно собрать коллекцию коллекций без раскрытия внутренних скобок и получить коллекцию из коллекций, то используют **collectNested()**.

Операция **select()** возвращает совокупность тех элементов коллекции, для которых <выражение> истинно. Запись: <коллекция>**->select(**<выражение>**)**

Пример: **context Airport inv: self.departingFlights->select(duration<4)->notEmpty() –** для любого аэропорта есть хоть один отправляющийся рейс длительностью менее 4 часов. Приведена сокращенная запись. Полная (только правая часть):

self.departingFlights ->select(e:Flight| e.duration < 4)->notEmpty()

Аналогом **select()** является **reject()**, который удаляет из коллекции все элементы, удовлетворяющие критерию отбора.

Операция **forAll()** возвращает **true** если <выражение> истинно для всех элементов коллекции, в остальных случаях возвращается **false**. Запись:

<коллекция>**->forAll(**<выражение>**)**

Пример: **context Airport inv: self.departingFlights->forAll(maxNrPassengers < 1000)** – для любого аэропорта справедливо, что у любого отправляющегося рейса максимальное количество пассажиров < 1000. Приведена сокращенная запись. Полная (только правая часть):

self.departingFlights ->forAll(e:Flight| e.maxNrPassengers < 1000)

Другой пример, когда внутри forAll производится проверка условия относительно всех пар объектов коллекции:

context AirLine inv:
AirLine.allInstances()->forAll(e1, e2 : AirLine | e1 <> e2 implies e1.name <> e2.name)

Ограничение указывает, что для любых двух разных авиакомпаний имена не совпадают. Операция **allInstances()** может применяться к любому классу (но не объекту! **self.allInstances()** – ошибка), чтобы получить коллекцию всех экземпляров класса.

Можно задать то же самое ограничение с помощью **isUnique()**:

context AirLine inv: AirLine.allInstances() ->isUnique(name)

Операция **exists()** возвращает **true** если хотя бы для одного элемента коллекции <выражение> истинно, в остальных случаях возвращается **false**. Запись:

<коллекция>**->exists(**<выражение>**)**

context Airport inv:
self.departingFlights->exists(departTime.hour<6)

Приведена сокращенная запись. Полная (только правая часть):

self.departingFlights ->exists(e:Flight| e.departTime.hour<6)

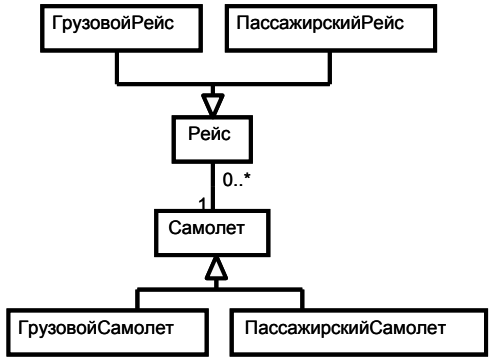
Другие операции над коллекциями:

- **isEmpty()**: истина, если коллекция пуста, иначе – ложь;
- **notEmpty()**: истина, если коллекция не пуста, иначе – ложь;
- **size()**: количество элементов коллекции; **self.departingFlights->size()**
- **sum()**: сумма элементов коллекции чисел; **self.departingFlights.nrPassengers->sum()**
- **min():** минимальный элемент коллекции чисел;
- **max():** максимальный элемент коллекции чисел;
- и др.

Коллекции одного типа можно сравнивать на = и <>. Преобразование коллекций к другому виду осуществляется при помощи операций **asSet()**, **asBag()**, **asOrderedSet()**, **asSequence()**. Преобразование типов осуществляется с помощью операции **oclAsType(type).**

При наследовании ограничений работает принцип подстановки БарбарыЛисковы (Liskov's Substitution Principle): «Где может находиться экземпляр суперкласса, туда всегда может быть подставлен экземпляр его любого подкласса.» Это означает, что:

- Инвариант суперкласса наследуется любым подклассом и может быть усилен в подклассе, но не ослаблен.
- Предусловие операции может быть ослаблено в подклассе или оставлено прежним, как в суперклассе, но не может быть усилено.
- Постусловие операции может быть усилено в подклассе или оставлено прежним, как в суперклассе, но не может быть ослаблено.



Если в ограничении требуется проверить, конкретный тип экземпляра, то используют стандартную операцию **oclIsTypeOf(**<тип>**).** Пример:

context ГрузовойСамолет inv:
self.oclAsType(Самолет).Рейс->forAll(r |
r.oclIsTypeOf(ГрузовойРейс))
context ПассажирскийСамолет inv:
self.oclAsType(Самолет).Рейс->forAll(r |
r.oclIsTypeOf(ПассажирскийРейс))

Если необходимо определить может ли объект рассматриваться как экземпляр какого-либо класса (например, объект подкласса – как экземпляр суперкласса), используется операция oclIsKindOf(Type). Так для объекта класса Пассажирский самолет истина будет получена если Type=Самолет или Type=Пассажирский самолет, в то время как выражение oclIsTypeOf(Type) истинно, только если Type – непосредственный тип объекта, т. е. Type=Пассажирский самолет. Для приведения типов используется операция oclAsType(<тип>).

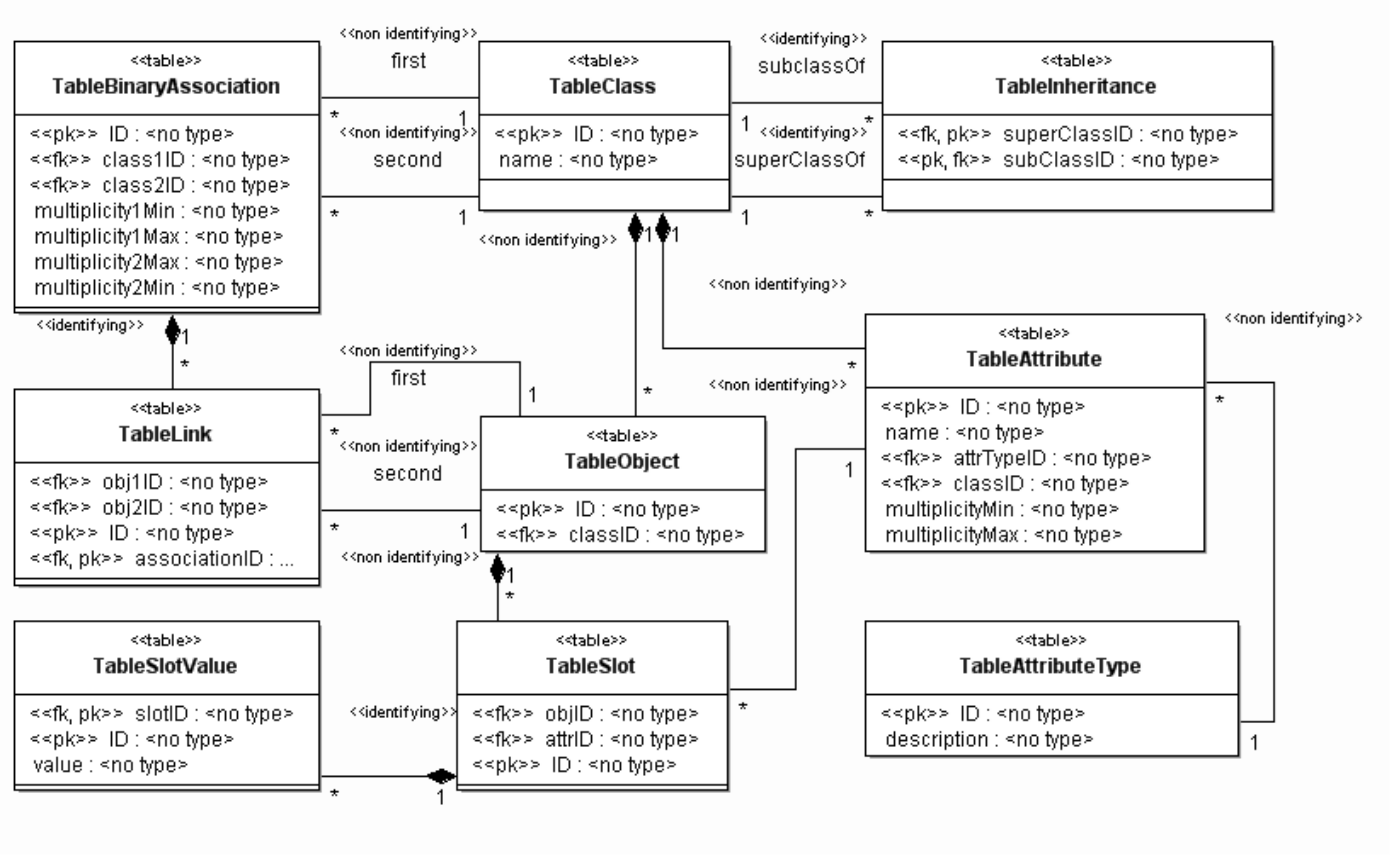
Литература к вопросу 3:

1. J.Warmer, A. Kleppe. Object Constraint Language, The: Getting Your Models Ready for MDA, Second Edition
2. Рамбо Дж., Блаха М. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. 2-е изд.: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2007. – Глава 3.
3. Дж. Арлоу, Ай. Нейштадт. UML 2 и унифицированный процесс, 2-е изд. – СПб.: Символ-Плюс, 2007. – Глава 25.
4. Материалы по курсу ООАП/МАППО: https://drive.google.com/drive/folders/1he5B9iNXlbhpkW-96GOKItWGm1HRSwle?usp=sharing

Вопрос 4. *Способы объектно-реляционного отображения для классов и атрибутов, бинарных и N-арных ассоциаций, классов ассоциаций, иерархий наследования. Примеры применения этих способов. Моделирование схемы реляционной базы данных с помощью диаграммы классов.*

Реляционная схема данных и объектная модель оперируют разными понятиями, из-за чего необходима специальная работа по объектно-реляционному отображению. Отображение возможно в обе стороны: в прямую (от классов к таблицам) и в обратную (от таблиц к классам). Далее говорится о прямом отображении.

Отображение может быть таким, что для конкретной модели классов строится соответствующая только этой модели схема реляционной базы данных. Такой подход назовём *зависимым от модели*. Альтернативный подход – *универсальный* – отличается тем, что схема реляционной базы данных подходит для любой исходной модели классов.



Универсальный мэппинг, рассмотрим в версии предложенной С. Амблером (см. диаграмму-схему выше). Сведения о любых классах, между которыми есть только бинарные ассоциации и связи наследования могут быть представлены при помощи таблиц, указанных на схеме. В TableClass будет столько записей, сколько классов в исходной модели. Если класс является подклассом, то в таблице TableInheritance будет запись об этом. Аналогично, ассоциации между классами представлены записями в таблице TableBinaryAssociation. Запись о классе из TableClass связана с записями об атрибутах класса из TableAttribute. Тип каждого атрибута представлен записью TableAttributeType. Для каждого экземпляра класса заводится одна запись в TableObject и необходимое количество записей в TableSlot и TableSlotValue. Если рассматривать только атрибуты с мощностью 1, то

последние две таблицы можно слить в одну. Экземпляры ассоциаций – связи соединяющие объекты – хранятся в TableLink.

Мэппинг Амблера хорош тем, что схема универсальна. Например, она не изменится, если в исходную модель классов, преобразовываемую в реляционную схему, добавить/удалить класс или связь. Такие изменения вызовут только добавление или удаление кортежей в таблицах. В моделе-зависимом ORM заметные изменения исходной модели классов сказываются на итоговой схеме реляционной БД. Недостаток мэппинга Амблера в том, что операции с экземплярами, со связями, со значениями громоздки. Так при создании объекта нужно определить набор атрибутов его класса, создать слоты для хранения значений атрибутов в объекте. Тем не менее, при малом количестве объектов этот мэппинг можно использовать.

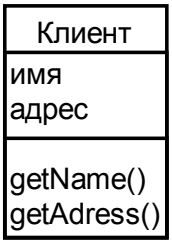
Получаемая при моделе-зависимом отображении схема базы данных зависит не только от совокупности классов и связей между ними, но и от практических соображений. Например, может оказаться, что решение хранить все устойчивые объекты в одной «толстой» ненормализованной таблице, вполне себя оправдывает тем, что делает приемлемой скорость большинства запросов к БД. Описывая моделе-зависимое объектно-реляционное отображение, мы будем рассматривать решения, тяготеющие к получению нормализованной БД.

Переводить модель классов в схему БД предлагается в 3 этапа: отобразить классы в таблицы, отобразить ассоциации и отобразить связи обобщения. На диаграммах классов встречаются перечислимые типы. Об их отображении можно указать следующее. Не все СУБД поддерживают работу с перечислимыми типами. Поэтому универсальным способом является отображение перечислимого типа в подходящий по размеру целочисленный тип.

ORM-стратегии классов

1. Каждый класс переводится в отдельную таблицу, столбцы которой служат для хранения значений скалярных атрибутов, и каждая запись которой соответствует экземпляру класса. Операции мы не рассматриваем, и на структуру таблиц они не влияют.
2. Уникальный идентификатор устойчивого класса (совокупность атрибутов класса, помеченных ограничением {id}) превращается в первичный ключ таблицы. Если имеется несколько альтернативных уникальных идентификаторов, то все они становятся возможными ключами таблицы. Первичный ключ из них выбирается по практическим соображениям. Если в модели для устойчивого класса явно не указан идентификатор, то в таблицу добавляется суррогатный ключ – столбец **id**, назначаемый первичным ключом.

Пример:



id	имя	адрес

ORM-стратегии атрибутов

1. Атрибут мощностью 1 или 0..1 (со значением скалярного типа) может быть переведён в один столбец таблицы класса. В зависимости от практических соображений один атрибут может быть переведён в несколько столбцов. Например, вместо того, чтобы хранить адрес клиента в одном столбце, можно разбить адрес на части (город, улица, дом, № квартиры и т. п.) и хранить каждую часть в отдельном столбце.
2. Для атрибутов мощностью ***** заводится отдельная таблица, каждая запись которой хранит значение атрибута и ссылку (во внешнем ключе) на запись об экземпляре класса, к которому относится значение (см. пример ниже).
3. Для атрибутов с точной верхней границей мощности можно не заводить отдельную таблицу, а добавить несколько столбцов (адрес1, адрес2, адрес3, …). Если нижняя граница мощности меньше верней, в каких-то столбцах могут быть пустые значения.
4. Для выводимых атрибутов можно не заводить столбцов. Их значения можно не хранить, а вычислять. Если хранить выводимые значения, то надо позаботиться о своевременном их обновлении при изменении данных, по которым они вычисляются. Так как поведенческим вопросам мы не уделяем внимания, то проще не заводить столбцов для выводимых атрибутов.

5. Значения статических атрибутов следует хранить в отдельной служебной таблице. Хранить их вместе с другими атрибутами не практично, так как в этом случае при обновлении значения статического атрибута придётся обновлять все записи в таблице класса. В таблице для статических атрибутов будет одна запись. Для каждого статического атрибута (любого класса) в таблице будет выделен 1 или более столбцов (та же логика, что в примере с адресом). Иногда заводят одну таблицу для изменяемых статических атрибутов и вторую для постоянных (readOnly) статических атрибутов.

6. Таблица для статических атрибутов может иметь несколько строк и 4 столбца. На основе этого решения можно получить таблицу для статических атрибутов с мощностью *.

id	имяКласса	имяАтрибута	значение

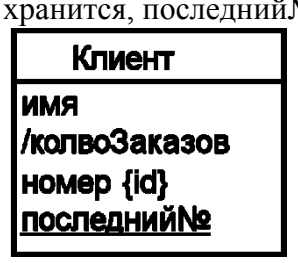
7. Для атрибутов, имеющих перечислимый тип, можно поменять тип их значений на целочисленный (т. е. хранить номер значения вместо самого значения). Это решение может быть непрактично, если набор значений перечислимого типа не «заморожен». При добавлении новых значений между прежними, при такой стратегии приходится осуществлять довольно трудоёмкие манипуляции с кортежами. Другая возможная стратегия – ORM-инг перечислимого типа в таблицу-справочник. Атрибуты при этом становятся внешними ключами к этой таблице.

Рассмотрим отображение атрибута с мощностью *. Пусть у клиента допускается 1 или более адресов. В этом случае адреса будут храниться в отдельной таблице со столбцами: id – суррогатный ключ; idКлиента – внешний ключ; адрес – значение адреса. Мощности связи между таблицами: 1(клиент) ко многим (адресам).

id	имя

id	адрес	*idКлиента*

Пример, поясняющий ORM выводимых и статических атрибутов (количество заказов не хранится, последний№ – столбец в специальной таблице):



имя	**номер**

...	последний№Клиента	...

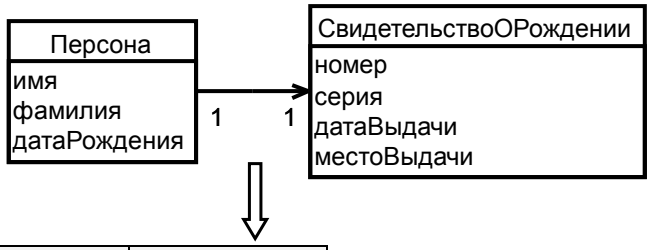
Либо при другой организации таблицы значений статических атрибутов:

id	имяКласса	имяАтрибута	значение
...	Клиент	последний№	...

При отображении ассоциаций можно пытаться экономить и не создавать дополнительные таблицы для хранения соединений между устойчивыми объектами за счет объединения нескольких таблиц в одну или за счёт добавления внешних ключей в таблицы, полученные при ORM классов, если семантика ассоциации позволяет.

Стратегии ORM бинарных ассоциаций:

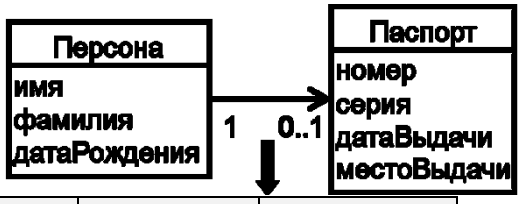
- «1 к 1му» – возможны различные решения, лучше создать общую таблицу для 2х классов. Столбцы – совокупность атрибутов. Первичный ключ – любой ID (первого или второго класса).



id	имя	фамилия	датаРождения	номер	серия	датаВыдачи	местоВыдачи

- «1 к 0..1» – внешний ключ добавляется к таблице необязательного класса.

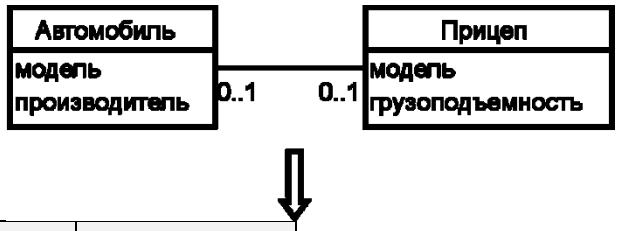
Вообще говоря, можно было бы использовать тот же прием, что и в «1 к 1», но получающаяся таблица будет «разреженной» – в некоторых записях будут пустые поля. Обратите внимание, что внешний ключ добавляется в таблицу, представляющую необязательный класс, поскольку записей в ней меньше, чем в другой, и во внешнем ключе не будет пустых значений. Важно, что внешний ключ также назначен первичным.



id	имя	фамилия	датаРождения

idПерсоны	номер	серия	датаВыдачи	местоВыдачи

- «0..1 к 0..1» – работают оба выше указанных решения, с поправкой на изменившуюся мощность, но также рекомендуется ещё одно – отдельная таблица для связи (см. ниже). Ее столбцы – внешние ключи для таблиц классов, связанных ассоциацией. Они же – возможные ключи таблицы, один из которых назначен первичным, а второй – альтернативным.



idАвто	Модель	Производитель

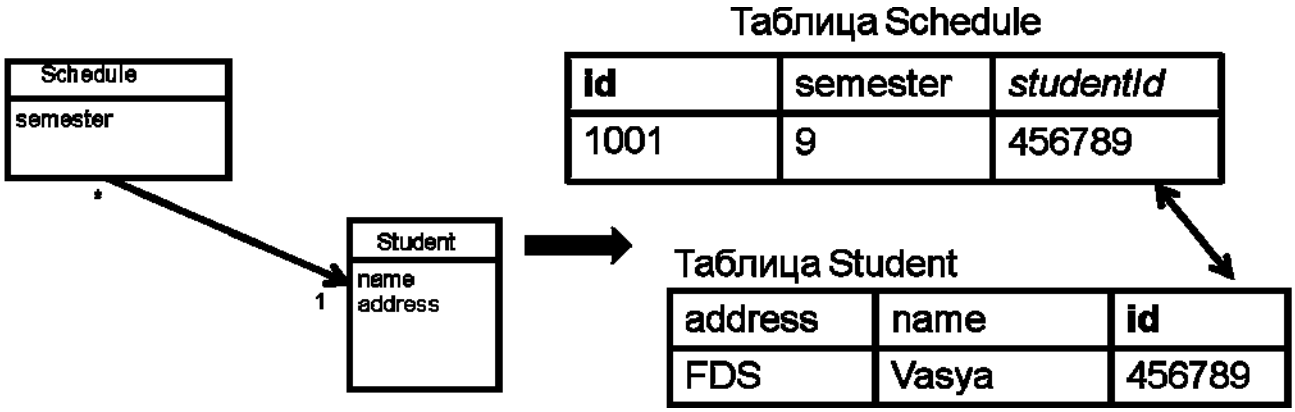
idПрицепа	модель	производитель

idАвто	*idПрицепа*

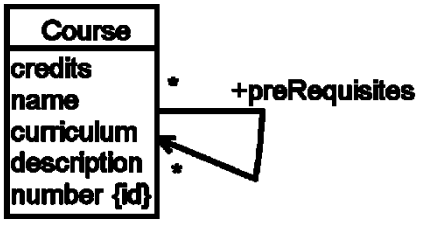
В этом случае можно было добавить внешний ключ к какой-либо из таблиц, но не всегда допускаются пустые значения во внешнем ключе. Мощности связей между таблицами: 1 (автомобиль) к 0..1 (записи о связи), 1 (прицеп) к 0..1 (записи о связи).

- «1 к 1..*» – к таблице класса у полюса «1..*» добавляется столбец – внешний ключ для таблицы класса у полюса «один».
- «1 к 0..*» – как «1 к 1..*».

Пример:



- «0..1 к *» – применяются решение, похожее на случай «0..1 к 0..1» – отдельная таблица для хранения связей. Если внешний ключ допускает пустые значения, можно просто добавить внешний ключ к таблице для класса со *.
- «* к *» – для ассоциации заводится отдельная таблица. Ее столбцы – внешние ключи для таблиц классов, связанных ассоциацией. Основной ключ – набор из обоих столбцов. В примере показано, как можно представить в таблицах связи между курсами (порядок изучения курсов фиксирован).



credits	name	curriculum	description	**number**
4	матан1	…	..	1
3	матан2	…	..	2
4	функан	…	..	3

idPre	***idPost***
1	2
1	3
2	3

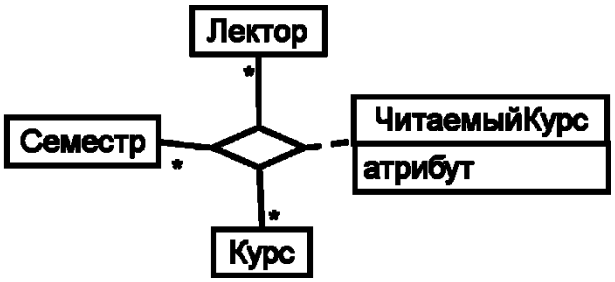
Всякий раз, когда при реализации ассоциаций возникают связанные таблицы, возникают и ограничения целостности (в разных случаях разные).

ORM N-арной ассоциации: Требуется служебная таблица для хранения связи. Например, в случае тернарной (N=3) ассоциации служебная таблица состоять из внешних ключей для каждой из трёх таблиц, полученных при ORM классов, а все её столбцы в наборе дадут её первичный ключ.

idПроекта	***idЯзыка***	***idПрограммиста***

ORM классов-ассоциаций:

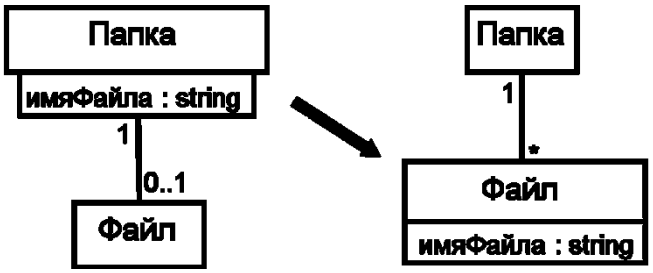
Атрибуты класса-ассоциации добавляются либо в создаваемую для связи таблицу, либо (если дополнительная таблица не требуется) в ту таблицу, куда добавляется внешний ключ, либо в общую таблицу (при слиянии).



idКурса	***idСеместра***	***idЛектора***	атрибут

ORM ассоциаций с квалификаторами:

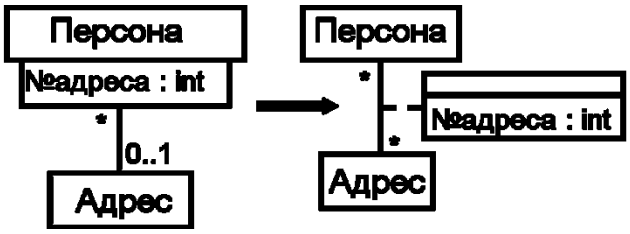
- Определите, какие мощности были бы у полюсов ассоциации без квалификаторов.
- Примените решение для ассоциации с полученными мощностями.
- Добавьте квалификатор как столбец (или столбцы, если он составной) в ту же таблицу, куда добавляются внешние ключи.
- Набор из добавленного внешнего ключа и квалификатора становится частью альтернативного ключа таблицы, в которую он добавлен.



idПапки	...

В примере альтернативным ключом таблицы файлов является <idПапки, имяФайла>.

idФайла	*idПапки*	имяФайла	...



Рассмотрим ещё один пример:

В служебной таблице для хранения связей * к * помимо первичного ключа <idАдреса, idПерсоны> есть альтернативный ключ <idПерсоны, №адреса>.

idАдреса	...

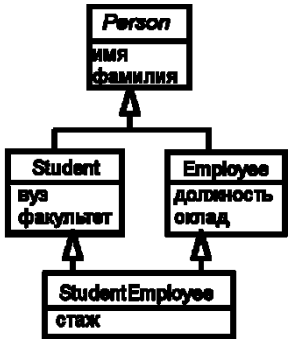
idПерсоны	...

idАдреса	***idПерсоны***	№адреса

Заметим, что в случае, когда квалификатор не снижает максимальную мощность на противоположном от него полюсе до 1, всё выглядит несколько иначе. В паре с внешним ключом он образует лишь индекс.

Подводя итог ORM ассоциаций, перечислим использованные выше стратегии: слияние таблиц, добавление внешнего ключа, отдельная таблица для связи.

ORM обобщения (наследования):



Стратегии:

1) для каждого класса своя таблица;
2) для всей иерархии наследования одна таблица;
3) таблицы только для конкретных (не абстрактных) классов;
4) таблицы только для различных конкретных классов.

Какой именно способ выбрать диктуют соображения эффективности (скорость в обмен на объем памяти). Рассмотрим на примере. Заметим, что класс Person – абстрактный, а класс StudentEmployee имеет двух предков.

При использовании первого подхода будут созданы 4 таблицы. В первой будут храниться значения атрибутов, специфичных для персон, во второй – для студентов, в третьей – для работников, в четвертой – для студентов-работников. У таблиц Student и Employee будет дополнительный столбец – внешний ключ для связи с Person. У StudentEmployee будут два внешних ключа для связи с каждым непосредственным предком. Их совокупность будет первичным ключом. Для каждого экземпляра класса Student будут две записи, одна в таблице студентов, вторая – в таблице персон. Для экземпляра StudentEmployee – четыре записи, по одной в каждой таблице. Так как Person – абстрактный, то в таблице персон не должно быть записей, не связанных с какой-либо записью из таблицы студентов или из таблицы работников. Ради эффективности атрибуты персоны могут быть продублированы в таблицах студентов и работников.

idPerson	имя	фамилия
0	Иван	Иванов
1	Маша	Пупкина
2	Саша	Образцов

idStudent	вуз	факультет	*idPerson*
0	МГУ	ВМК	0
1	МФТИ	ФИВТ	2

idStudent	***idEmpl***	стаж
1	1	3

idEmpl	должность	оклад	*idPerson*
0	модель	100000	1
1	директор	1000000	2

При втором подходе используется общая разреженная таблица. В ней также для каждой записи хранится ее тип, либо два флага: isStudent, isEmployee. Неудобство состоит в том, что для любой записи таблицы, если не обращать внимание на флаги, есть риск «залезть» в поля, которых нет в соответствующем объекте (например, в стаж студента).

id	имя	фамилия	вуз	факультет	должность	оклад	стаж	isStudent	isEmployee
0	Иван	Иванов	МГУ	ВМК				true	false
1	Маша	Пупкина			модель	100000		false	true
2	Саша	Образцов	МФТИ	ФИВТ	директор	1000000	3	true	true

Третий подход позволяет по сравнению с первой стратегией сэкономить одну таблицу – Person. Поскольку класс Person абстрактный, то экземпляров у него нет, значит, значения атрибутов персон можно хранить в таблицах непосредственных потомков этого класса – Student и Employee. Для каждого студента или работника будет храниться единственная запись в соответствующей таблице. Для StudentEmployee – три записи, по одной в каждой из трёх таблиц. Некоторое неудобство состоит в том, что атрибуты персон у каждого такого объекта хранятся дважды, нужно следить, чтобы значения, лежащие там, совпадали. Для выдачи всех персон (т. е. студентов, работников и студентов-работников) в БД будет создан запрос, объединяющий записи таблиц Student и Employee (и устраняющий дубли, возникающие для каждого объекта StudentEmployee.

id	имя	фамилия	вуз	факультет
0	Иван	Иванов	МГУ	ВМК
1	Саша	Образцов	МФТИ	ФИВТ

id	имя	фамилия	должность	оклад
0	Маша	Пупкина	модель	100000
1	Саша	Образцов	директор	1000000

idStud	***idEmpl***	стаж
1	1	3

Четвертый путь дает две таблицы (студентов и работников) и два запроса (один для вычисления списка всех персон, второй для вычисления списка всех студентов-работников). То, что в предыдущем случае хранилось в таблице StudentEmployee, теперь помещается в одну из двух оставшихся таблиц, которая становится разреженной. Например, в таблице студентов предусмотрены столбцы для хранения атрибутов классов Person, Student, StudentEmployee, в отдельном столбце хранится флаг isEmployee. В таблице Employee предусмотрены столбцы для хранения атрибутов классов Person, Employee, StudentEmployee, в отдельном столбце хранится флаг isStudent. Для каждого экземпляра StudentEmployee будут храниться две записи, по одной в каждой таблице.

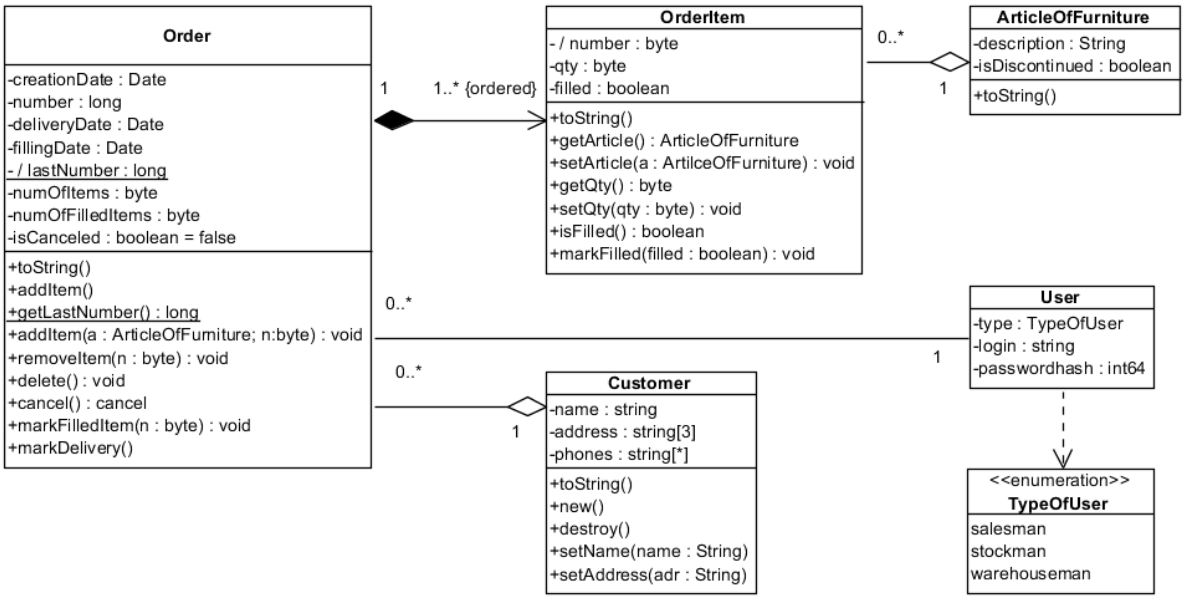
id	имя	фамилия	вуз	факультет	стаж	isEmployee
0	Иван	Иванов	МГУ	ВМК		false
1	Саша	Образцов	МФТИ	ФИВТ	3	true

id	имя	фамилия	должность	оклад	стаж	isStudent
0	Маша	Пупкина	модель	100000		false
1	Саша	Образцов	директор	1000000	3	true

Перейдём к тому, как с помощью диаграмм классов можно моделировать схемы БД. Будем исходить из того, что есть некая готовая схема реляционной БД, которую хочется представить визуально на языке UML. Заметим, что существуют специальные визуальные нотации для представления схем БД и проектировщики БД обычно используют их.

Для изображения схем БД в виде диаграмм классов применяется специализированный набор стереотипов – профиль. Таблица изображается как класс со стереотипом «table». SQL-запросы также изображаются классами со стереотипом «view» (в примерах отсутствуют). Столбцы таблиц представлены атрибутами классов-таблиц. Используются стереотипы: «column» (обычный столбец) – этот стереотип на диаграммах будем скрывать, чтобы её не загромождать; «pk» (столбец, входящий в первичный ключ); «fk» (столбец, входящий во внешний ключ); «pk, fk» (столбец, входящий в первичный и во внешний ключ помечается двумя стереотипами) – другой способ записи «pk» «fk». Связи между таблицами моделируются как ассоциации между классами. Стереотипы связей «identifying» (идентифицирующая), «non-identifying» (не идентифицирующая). Связь является идентифицирующей, если первичный ключ связанной таблицы включает в себя её внешний ключ. В остальных случаях она не идентифицирующая. Для отображения ограничений целостности связь может моделироваться композицией. С её помощью описывается тот факт, что связанные записи одной таблицы следует удалить при удалении записи из другой таблицы (рядом с которой стоит «ромбик» композиции).

Рассмотрим примеры из модели системы обработки заказов. Диаграмма с устойчивыми классами приведена ниже.



Схему БД получим, выделив для адреса заказчика 3 столбца в таблице TableOrder. Введём дополнительную таблицу TablePhone для хранения телефонов заказчика. Не будем хранить выводимые атрибуты. Заведём таблицу для статических атрибутов. Опишем полученную схему на языке UML. Диаграмма классов, размеченная стереотипами из профиля для моделирования схем БД, приведена ниже.

Литература к вопросу 4

1. Рамбо Дж., Блаха М. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. 2-е изд.: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2007. – Глава 19.

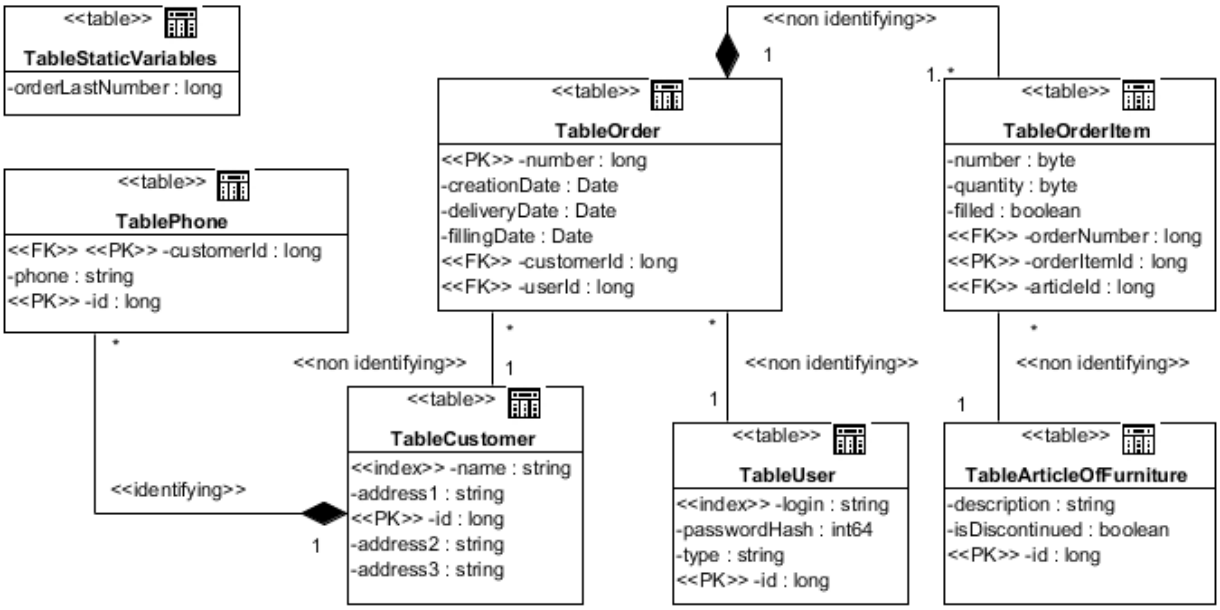


рис. к вопросу 4

2. Мацяшек Л. А. Анализ и проектирование информационных систем с помощью UML 2.0 – СПб.: Вильямс, 2008 – § 10.9.
3. S. Ambler. UML DataModelling Profile. 2013 [http://www.agiledata.org/essays/umlDataModelingProfile.html]
4. Материалы по курсу ООАП/МАППО: https://drive.google.com/drive/folders/1he5B9iNXlbhpkW-96GOKItWGm1HRSwle?usp=sharing

B. 5. *Образцы (паттерны) проектирования, их классификация и способ описания. Примеры образцов: структурного, поведенческого и порождающего.*

Образец (или паттерн) – это типовое проектное решение конкретной задачи проектирования, описанное специальным образом, чтобы облегчить его повторное применение.

Фактически, каждый паттерн является формализованным опытом лучших разработчиков в индустрии создания ПО.

Основные составляющие части описания образца:

Имя. Идентифицирует образец. Хорошее имя характеризует решаемую проблему и способ ее решения.

Задача. Описание ситуации, в которой следует применять образец. Это описание включает в себя: постановку проблемы, контекст проблемы, перечень условий, при выполнении которых имеет смысл применять образец.

Решение. Описание элементов архитектуры, связей между ними, функций каждого элемента. Включает в себя UML-диаграммы.

Результаты. Следствия применения паттерна и компромиссы. Преимущества и недостатки образца. Влияние использования образца на гибкость, расширяемость и переносимость системы.

Каталог образцов «банды четырёх» содержит более 20 образцов, сгруппированных на 3 части:

- порождающие образцы (способы создания экземпляров классов);
- структурные образцы (способы задания статических связей между проектными классами);
- образцы поведения (способы организации взаимодействий между объектами).

Рассмотрим по одному примеру из каждой группы образцов.

Мост (Bridge)

Классификация: структурный образец.

Назначение: отделить абстракцию от реализации.

Мотивация: наследование жестко привязывает реализацию к абстракции, поэтому лучше иметь иерархию наследования для интерфейсов и отдельно их реализации.

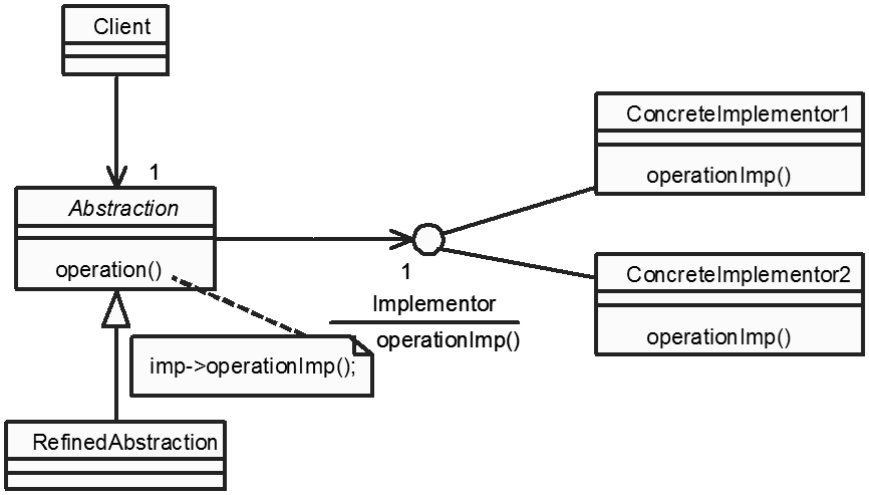
Ситуации применимости:

- обеспечение независимости абстракции и реализации;

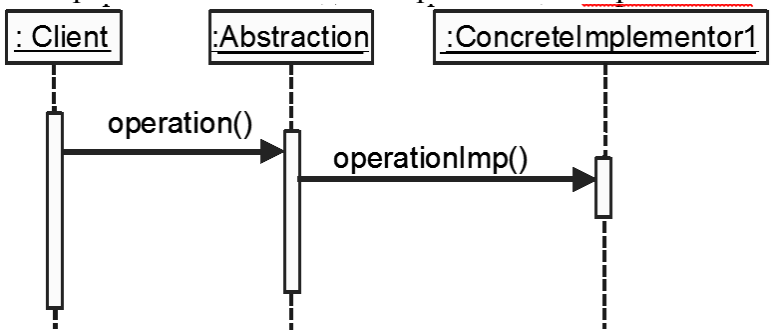
- необходимо расширять подклассами как интерфейсы, так и их реализации;
- изменения в реализации не должны влиять на клиента;
- необходимо разделить большую иерархию наследования на части.

Участники:

- Abstraction – абстракция, в которой определен интерфейс требуемый клиенту;
- RefinedAbstraction – уточненная абстракция с расширенным интерфейсом;
- Implementor – интерфейс для классов-реализаций;
- ConcreteImplementor – конкретный реализатор.



Отношения: Абстракция перенаправляет запросы клиента к одной из реализаций Implementora.



Результаты:

- реализация отделяется от интерфейса;
- чтобы заменить реализацию нет необходимости перекомпилировать абстракцию и ее клиента;
- система становится более легко модифицируемой.

Пример: Пусть есть абстракция Shape (форма), в ней есть операция draw(), отвечающая за отрисовку. В каждой конкретной форме (Rectangle, Circle) отрисовка реализуется с помощью примитивов drawLine(), drawCircle(), описанных в интерфейсе Drawing, реализуемом разными графическими утилитами DrawingV1, DrawingV2, рассчитанными на работу с разными графическими устройствами Driver1, Driver2. Диаграмма классов:

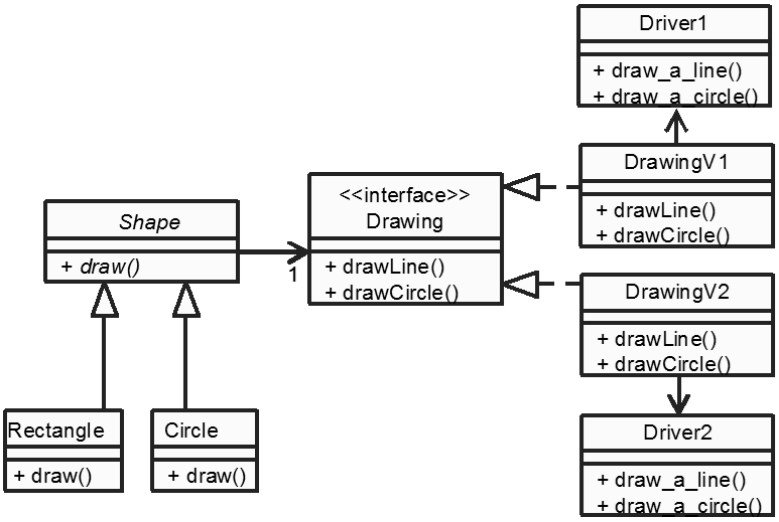
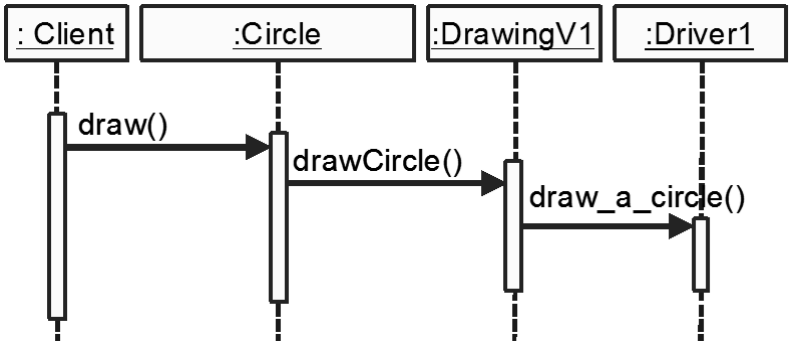
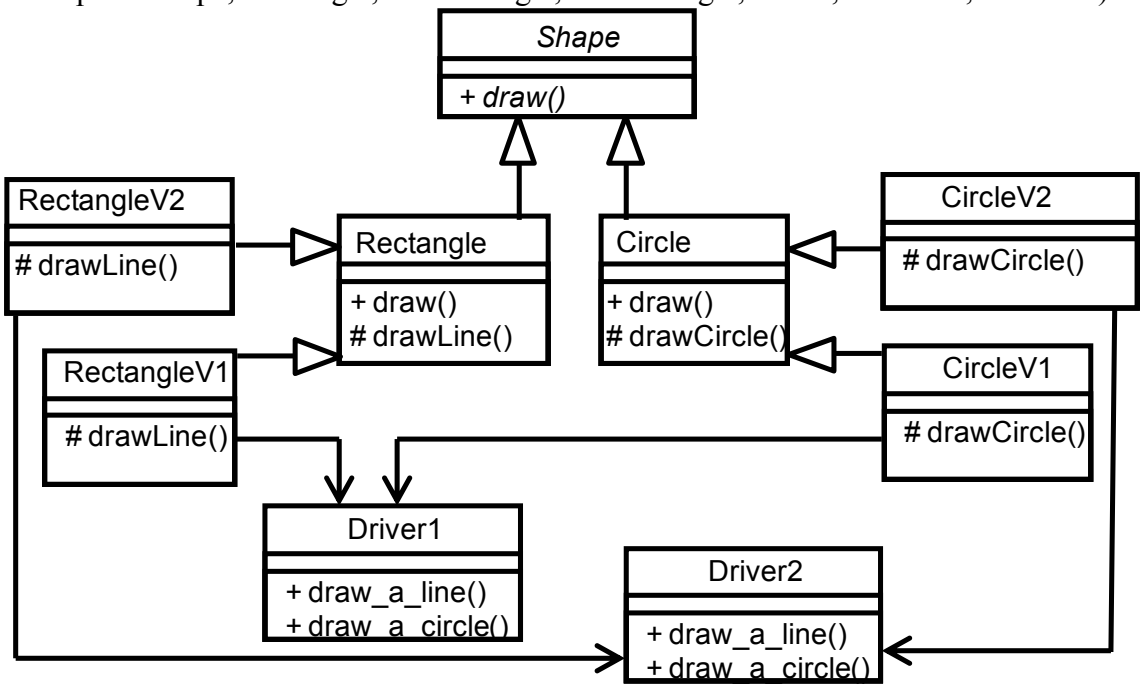


Диаграмма взаимодействия:



Если не применять образец, то у Rectangle и Circle могли бы быть два наследника, каждый из которых рассчитан на работу с одним из двух вариантов графики. Т. е. в иерархии форм было бы 7 классов (см на рис.: Shape, Rectangle, V1Rectangle, V2Rectangle, Circle, V1Circle, V2Circle).



Если добавить ещё формы – наследницы Shape – Triangle, PolyLine, то в первом случае при их отрисовке дополнительные классы не нужны, так как можно воспользоваться реализациями Drawing. Во втором случае иерархия разрастается, в ней становится 13 классов (добавляются Triangle, TriangleV1, TriangleV2, PolyLine, PolyLineV1, PolyLineV2).

Аналогично применение паттерна Мост выгодно при добавлении поддержки еще одного графического устройства Driver3. Будет достаточно добавить новую реализацию интерфейса Drawing – класс DrawingV3, вместо того, чтобы заводить каждой конкретной фигуре наследника с реализацией отрисовки для нового устройства (RectangleV3, CircleV3, TriangleV3, PolyLineV3).

Strategy (Стратегия)

Классификация: образец поведения.

Назначение: Определяет семейство алгоритмов, инкапсулирует каждый из них и делает их взаимозаменяемыми.

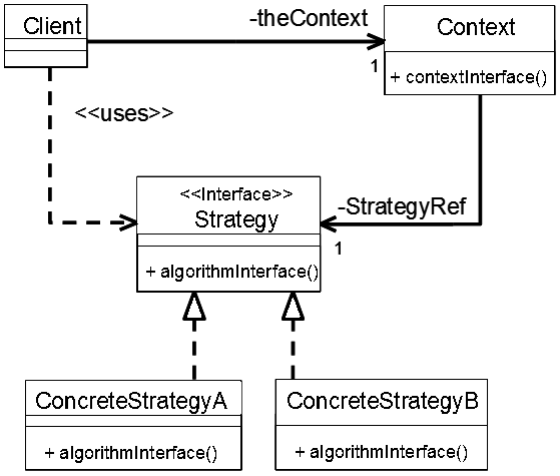
Мотивация: есть несколько алгоритмов решения одной задачи, которые нежелательно «зашивать» в клиентский класс.

Ситуации применимости:

- Имеется много родственных классов, отличающихся только поведением.
- Необходимо иметь несколько разных реализаций одной операции.
- Нужно скрыть от клиента сложные, специфичные для алгоритма структуры данных.
- Упрощение кода метода, представляющего собой длинное ветвление или switch.

Участники:

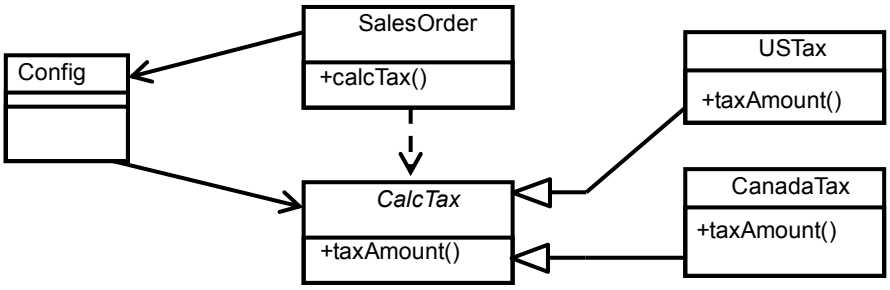
- Strategy – интерфейс общий для семейства алгоритмов;
- ConcreteStrategy – конкретная стратегия, реализующая интерфейс;
- Context – контекст, направляющий запросы клиента стратегиям;
- Client – клиентский класс.



Результаты:

- Иерархия классов стратегий определяет семейство алгоритмов или поведений, которые можно повторно использовать.
- Инкапсуляция алгоритма в отдельный класс позволяет изменять его независимо от контекста.
- Избавляемся от `if` и `switch` (улучшаем читаемость кода).
- Интерфейс класса Strategy общий для всех подклассов ConcreteStrategy – неважно, сложна или тривиальна их реализация. Поэтому вполне вероятно, что некоторые стратегии не будут пользоваться всей передаваемой им информацией, особенно простые.

Приведем пример использования образца для реализации разных стратегий расчета налогов:



Предполагается, что объект класса Config сообщает SalesOrder ссылку на объект-алгоритм расчета налогов (либо экземпляр USTax, пригодный для США, либо CanTax, пригодный для Канады). Если потребуется добавить новые способы расчета, достаточно добавить подклассы CalcTax. Обратите внимание, что в примере вместо интерфейса и реализации используется абстрактный класс и связи обобщения.

Альтернативой предложенному решению является внесение внутрь SalesOrder::calcTax() логики выбора схемы расчета и реализация расчетов в отдельных операциях SalesOrder. Модифицируемость такого решения ниже, чем при использовании образца.

Абстрактная фабрика (Abstract Factory)

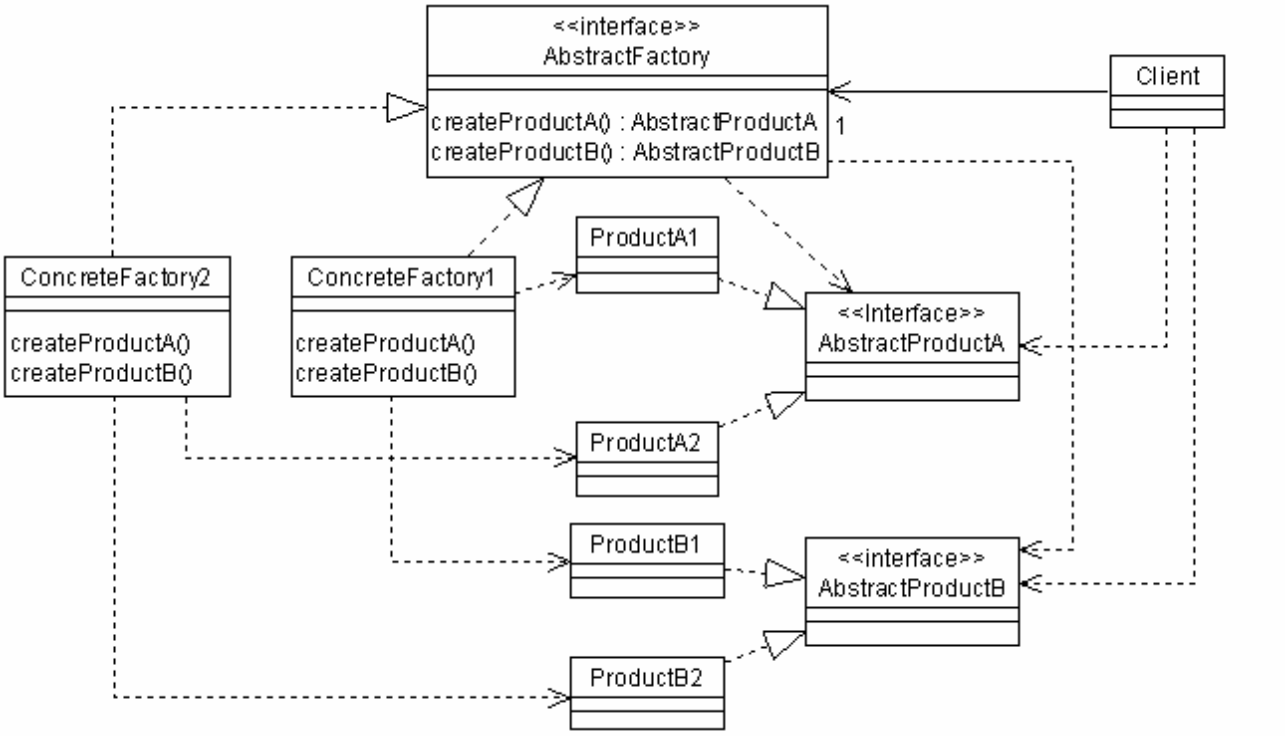
Классификация: образец порождения объектов.

Назначение: предоставляет интерфейс для создания взаимосвязанных и взаимозависимых объектов, не определяя их конкретных классов.

Мотивация: часто встает задача проектирования программной системы независимой от конкретной реализации GUI.

Ситуации применимости:

- Система не должна зависеть от того как создаются, компонуются и представляются входящие в нее объекты;
- Входящие в семейство объекты должны использоваться вместе и необходимо обеспечить выполнение этого ограничения;
- Система должна конфигурироваться одним из семейств составляющих ее объектов;
- Предоставляется библиотека классов, реализация которых скрыта за интерфейсом.

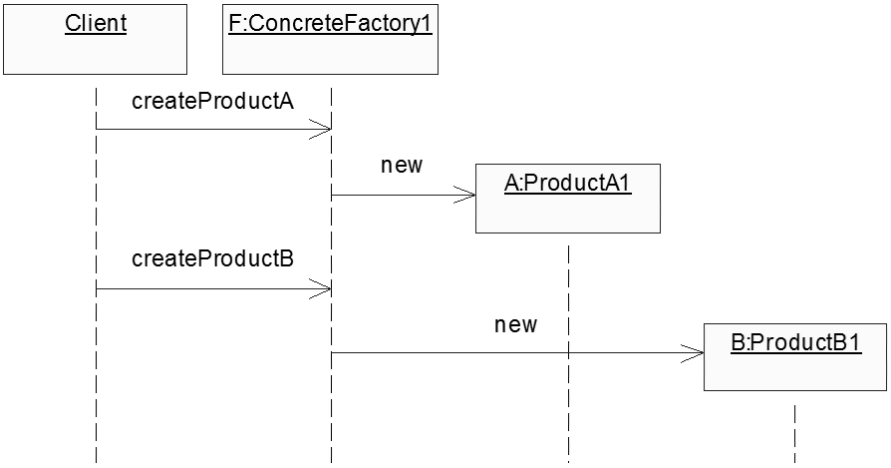


Участники:

- AbstractFactory – интерфейс с операциями для порождения экземпляров абстрактных классов-продуктов.
- ConcreteFactory – реализация порождения экземпляров конкретных классов.
- AbstractProduct – интерфейс с операциями класса-продукта.
- ConcreteProduct – реализация абстрактного продукта, объекты которой порождаются одной из конкретных фабрик.
- Client – класс, использующий интерфейсы AbstractFactory и AbstractProduct.

Отношения:

Обычно, во время выполнения создается один экземпляр ConcreteFactory, который создает экземпляры конкретных продуктов одного из семейств. Для использования объектов другого семейства нужно породить другую конкретную фабрику.



Результаты:

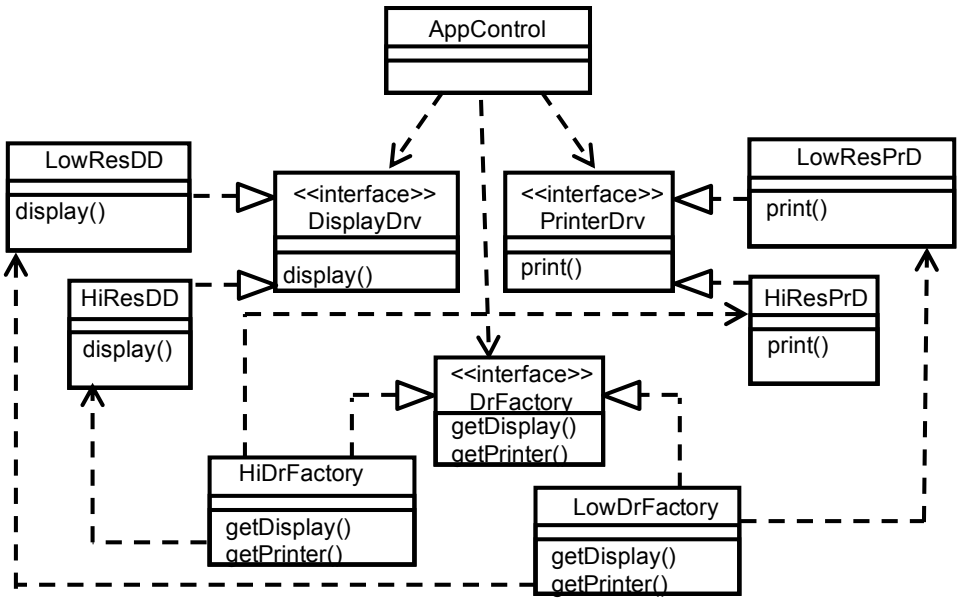
- изоляция клиента от деталей реализации классов-продуктов (их имена известны только конкретной

фабрике);

- упрощение замены семейств продуктов;
- набор классов-продуктов фиксирован, добавлять новые продукты в семейства трудно.

Представим, что нужно добавить третий класс продуктов. Потребуется добавить иерархию из 3-х классов и дополнительный метод в каждую фабрику, что довольно затратно.

Пример: две фабрики обеспечивают производство семейств классов-драйверов, работающих с низким или высоким разрешением. Предполагается, что разрешение драйвера принтера должно соответствовать дисплейному.



Без применения образца пришлось бы связывать класс ApControl прямыми зависимостями с классами LowResDD, HiResDD, LowResPrD, HiResPrD. На диаграмме, приведённой выше, предполагается, что классы LowResPrD и HiResPrD могут иметь общий интерфейс (или общий суперкласс). Если это не так, совместно с образцом Абстрактная фабрика следует применить образец Адаптер.

Литература к вопросу 5

1. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Питер, 2016.
2. Фримен Э., Фримен Э. и др. Паттерны проектирования – СПб: Питер, 2016.
3. Материалы по курсу ООАП/МАППО: https://drive.google.com/drive/folders/1he5B9iNXlbhpkW-96GOKItWGm1HRSwle?usp=sharing