

Спецификации поведения

Курс: Концептуальное
моделирование предметных
областей





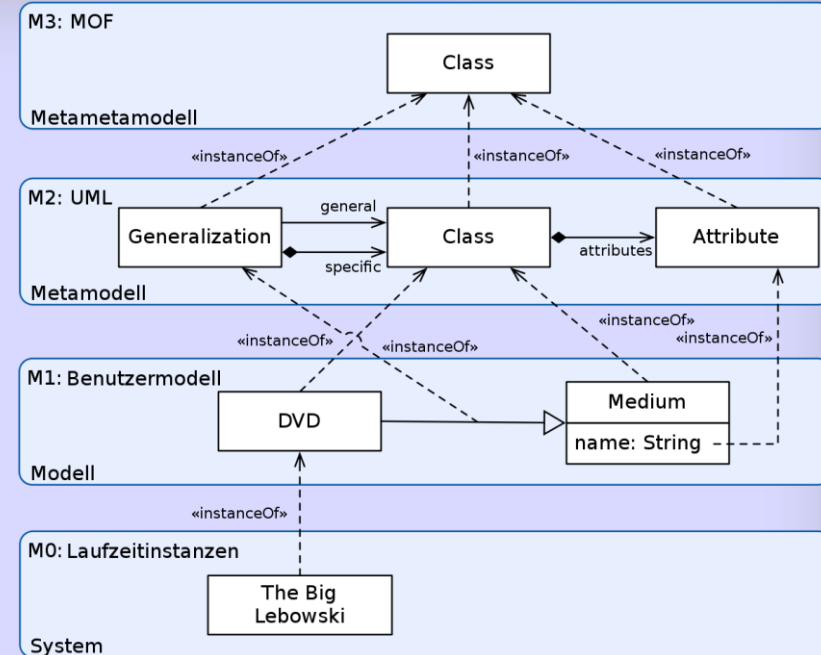
Концептуальные схемы

- Абстрактное представление предметных областей исследования, задачи, системы для представления данных о них
- Схема определяется с помощью языков концептуального моделирования в конкретной модели данных
- Схема содержит спецификации структуры и поведения объектов предметной области



Модели данных

- Meta-Object Facility (MOF)
 - M3: Мета-метамодель MOF
 - M2: Уровень метамодели (модели данных)
 - M1: Уровень модели (схемы)
 - M0: Уровень данных
- Модель данных определяется языком определения и языком манипулирования данными
- Реляционная модель (SQL)
 - Язык определения данных (create table)
 - Язык манипулирования данными (insert into)
- Объектная модель (UML)
 - Классы, атрибуты, ассоциации
 - Операции
- Термин модель данных часто путают с конкретной схемой
 - ~~Модель данных системы~~
 - ~~бухгалтерского учёта~~





Спецификации поведения

- Операции
 - OCL в UML
- Веб-сервисы
 - OWL-S
- Языки правил
 - RIF
- Поток работ
 - Сети Петри, BPMN
- Спецификации поведения в онтологиях
 - Зависимости
 - Гипотезы и законы
 - События



Декларативные спецификации поведения

- Событие
 - Важно определять в предметной области не только объекты, но и события
 - Изменение состояния объекта предметной области во времени в результате внешнего воздействия или выполнения условий для изменения
- Операция
 - Описание требований к начальному и конечному состояниям
 - Предусловия и постусловия
- Декларативность
 - Полные декларативные спецификации могут определить все преобразования данных из начального в конечное состояние
 - Спецификации не зависят от реализации, алгоритмов, математических методов



OCL в UML

- Спецификации операций в UML допускают выражение на произвольном языке
- Язык ограничений объектов (OCL) используется наиболее часто
- Примеры
 - Человек моложе своих родителей
context Person
inv: self.parents-> forAll(p|p.age>self.age)
 - В день рождения человек становится на год старше
context Person::hasBirthday()
post: self.age=self.age@pre+1



OWL-S в веб-сервисах

- Связывание параметров веб-сервисов с онтологией предметной области
 - Определение структуры типов данных (концептуальная схема в виде онтологии на языке OWL (!))
 - Понятия, атрибуты как отношения
 - Определение интерфейса веб-сервиса
 - Процессы, входные, выходные параметры
 - Определение ограничений интерфейса в терминах онтологии
- Задание ограничений предусловий, внутренних состояний и постусловий параметров сервисов в терминах онтологии
 - HasPrecondition
 - HasEffect
- Правила на языке KIF или WSRL



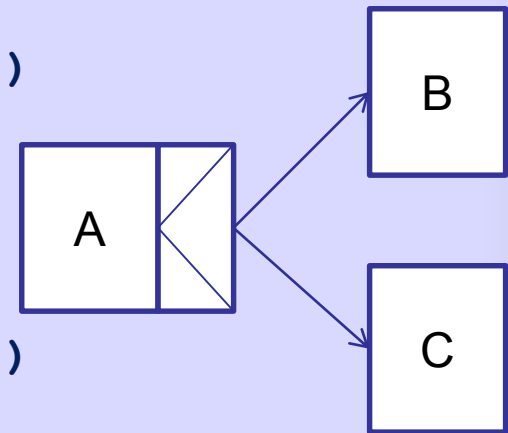
Потоки работ

- Элементы управления между деятельностью
 - Образцы управления
 - Sequence, And-Split, And-Join, Xor-Split, Xor-Join и другие
- Деятельности имеют входы и выходы
 - Спецификации предусловий и постусловий
 - Типы объектов в потоках данных
 - Подобно спецификациям операций



Образец управления And-Split на языке RIF-PRD

```
Group (  
  If Not (External (wkfl:end-of-task (A) ))  
  Then Do (  
    Act (A)  
    Assert (External (wkfl:end-of-task (A) )) )  
  If And (Not (External (wkfl:end-of-task (B) ))  
    External (wkfl:end-of-task (A) ))  
  Then Do (  
    Act (B)  
    Assert (External (wkfl:end-of-task (B) )) )  
  If And (Not (External (wkfl:end-of-task (C) ))  
    External (wkfl:end-of-task (A) ))  
  Then Do (  
    Act (C)  
    Assert (External (wkfl:end-of-task (C) )) )  
)
```





Аннотирование потоков работ

- Сохранение утраченной семантики спецификаций об образце управления потоком работ

```
(* ex:Split1
   ex:Split1 [ rdf:type -> wf:ParallelSplit ] *)
( Group
  If Not (External (wkfl:end-of-task (A) ) )
  ...
)
```

- Метаданные сохраняются в RDF-хранилище, и по ним возможен поиск

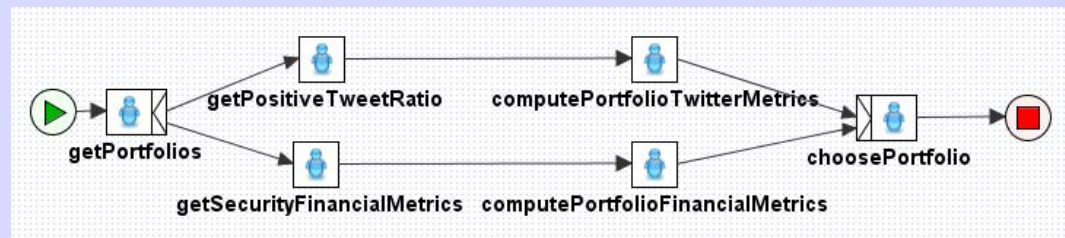
```
ex:Split1    rdf:type    wf:ParallelSplit.
```



Пример аннотирования

- Деятельность оценки ценной бумаги по финансово-экономическим показателям (*getSecurityFinancialMetrics*)
 - Входной параметр *securityPar* – ценная бумага
 - Выходной параметр *finMetric* – финансовая оценка данной ценной бумаги
- Метаданные в RDF

```
res1:getSecurityFinancialMetrics
  rdf:type wf:Task;
  wf:hasInputParameter res1:securityPar;
  wf:hasOutputParameter res1:finMetricPar.
res1:securityPar
  rdf:type pont:Security;
  rdf:type wf:InputParameter;
  pont:hasMetric res1:finMetric.
res1:finMetric
  rdf:type pont:FinancialMetric;
  rdf:type wf:OutputParameter.
```





Поиск потока работ

- Поиск методов оценки ценных бумаг и связанных с ними методов оценки портфелей в целом

```
prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
prefix wf: <http://ontology.ipi.ac.ru/ontologies/wf.owl>
prefix pont: <http://ontology.ipi.ac.ru/ontologies/portfolio.owl>
SELECT distinct ?task1 ?task2 WHERE
{
  ?in1 wf:isInputParameterOf ?task1 .
  ?in1 rdf:type pont:Security .
  ?in1 pont:hasMetric ?out1 .
  ?out1 wf:isOutputParameterOf ?task1 .
  ?out1 rdf:type pont:Metric .

  ?in2 pont:includesSecurity ?in1 .

  ?in2 wf:isInputParameterOf ?task2 .
  ?in2 rdf:type pont:Portfolio .
  ?in2 pont:hasMetric ?out2 .
  ?out2 wf:isOutputParameterOf ?task2 .
  ?out2 rdf:type pont:Metric .
}
```



Результат поиска

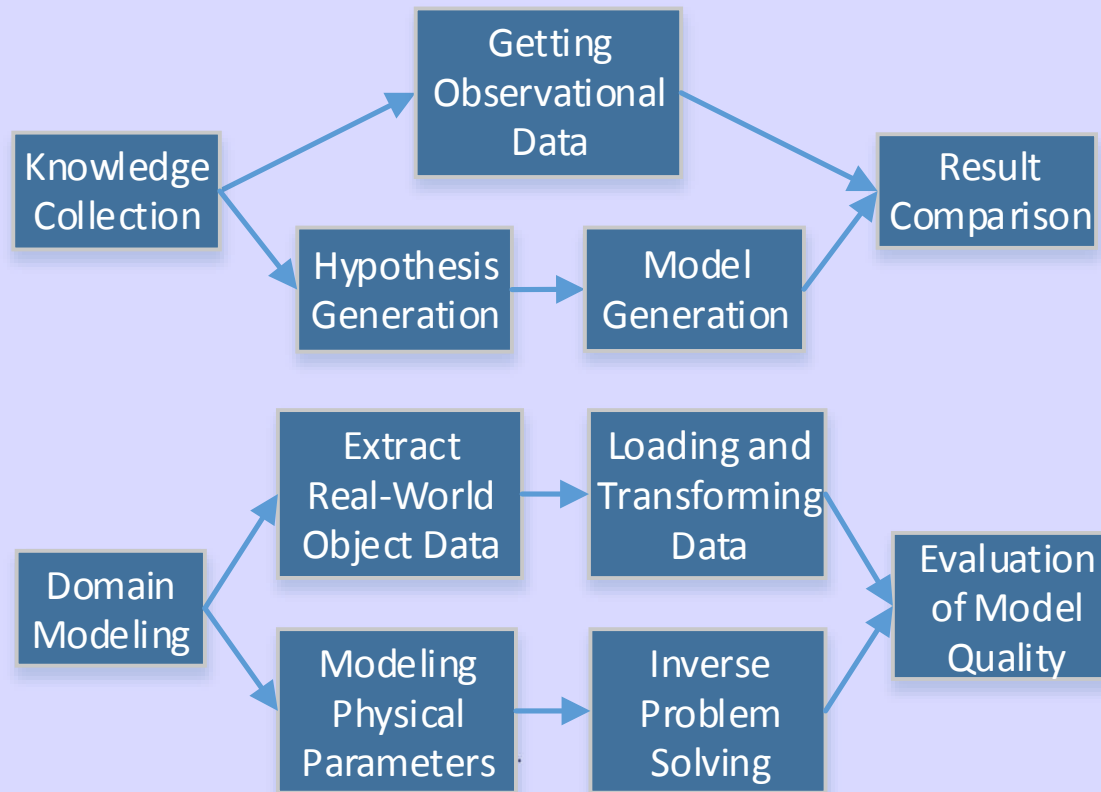
- Найдены URI двух релевантных методов
 - Оценки на основе анализа тональности сообщений о ценных бумагах
 - Финансовой оценки

```
<sparql xmlns=http://www.w3.org/2005/sparql-results#>
  <head> <variable name="task1"/> <variable name="task2"/>
</head>
<results>
  <result>
    <binding name="task1"><uri>&res1#getPositiveTweetRatio</uri>
    </binding>
    <binding name="task2"><uri>&res1#computePortfolioTwitterMetrics</uri>
    </binding>
  </result>
  <result>
    <binding name="task1"><uri>&res2#getSecurityFinancialMetrics</uri>
    </binding>
    <binding name="task2"><uri>&res2#computePortfolioFinancialMetrics</uri>
    </binding>
  </result>
</results>
</sparql>
```



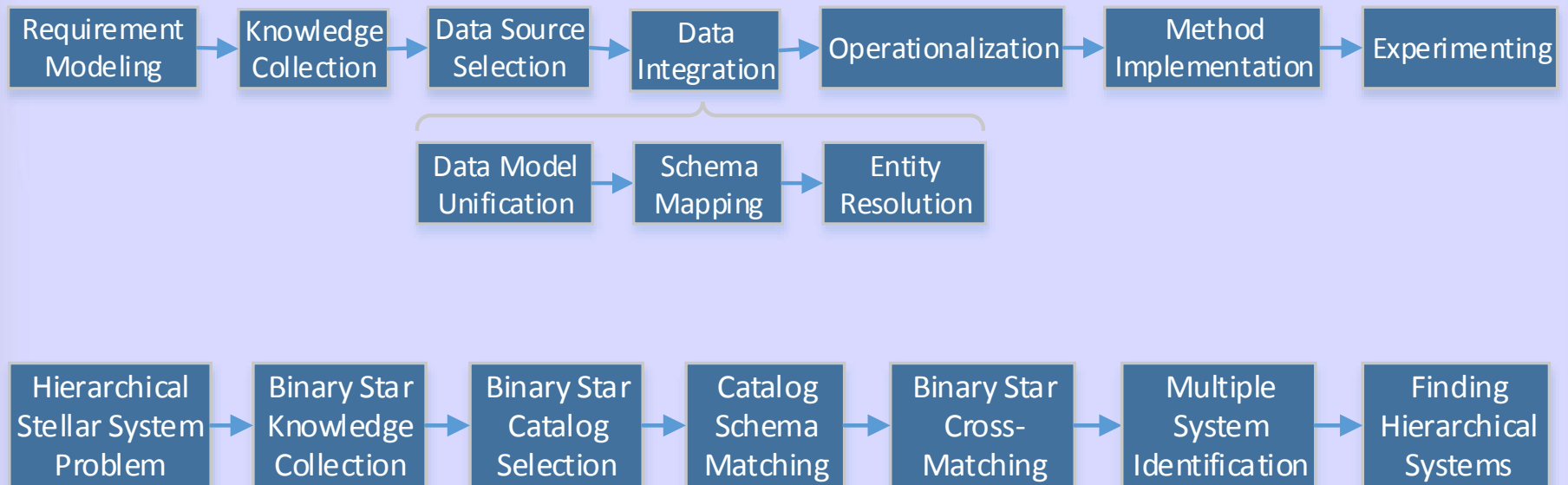
Повторное использование спецификаций поведения

- Шаблоны потоков работ
 - Абстрактные спецификации для разных типов задач
 - Замещение деятельности
- Реализованные потоки работ для решённых задач
- Уточнение спецификаций и реализация на основе повторного использования
 - Реализация уточняющим фрагментом потока работ
 - Ослабление предусловий (уточняющая спецификация - супертип)
 - Усиление пост-условий (уточняющая спецификация – подтип)
 - Достижимость соответствующих точек входа и выхода
- Использование метаданных об образцах управления
 - Реализация в определённых системах управления потоками работ, поддерживающих используемые образцы управления



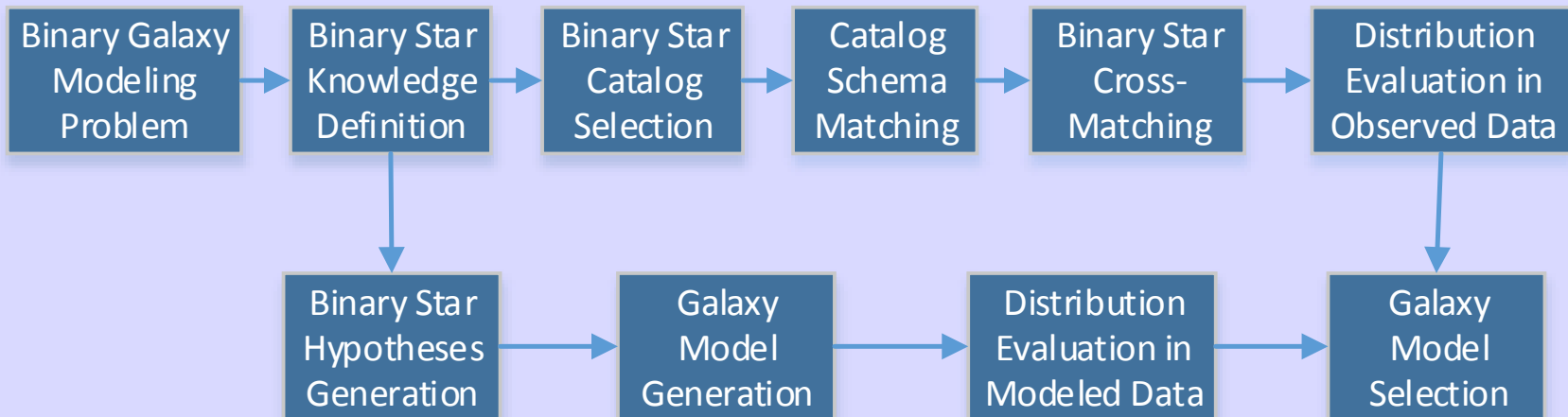


Задача поиска больших систем звёзд





Задача моделирования галактики двойных звёзд





Онтология измерений

Measurement

- hasValue: Value*
- hasUnit: MeasurementUnit*
- hasError: MeasurementError
- isMeasurementOf: AstrObject
 - inverse: AstrObject.hasMeasurement

MeasurementUnit

- hasScaleFactor: ScaleFactor
- hasProjection: ScaleProjection

MeasurementError

- isErrorOf: Measurement
 - inverse: Measurement.hasError

StatisticalError -> MeasurementError

SystematicError -> MeasurementError

Value

- isValueOf: Measurement
 - inverse: Measurement.hasValue

UnitConversion

- ofValue: Value
- fromUnit: MeasurementUnit
- toUnit: MeasurementUnit



Онтология зависимостей

Correlation

- isCorrelationOf: Measurement*
- hasRegression: RegressionFunction*
- hasRMSDeviation: RMSDeviation*
- isCausal: TruthValue

Hypothesis -> Correlation

- explains: Phenomenon
- derivedFrom: Hypothesis (*)
- competesWith: Hypothesis (*)
- hasProbability: Probability
- hasPValue: Probability
- hasQuality: TruthValue

Law -> Hypothesis

- Constraint: hasQuality = True



Модуль онтологии астрономических объектов

AstrObject

- hasCoordinate: Coordinate
- inEpoch: Epoch
- hasMeasurement: Measurement
- hasMorphology: Morphology
- hasProcess: Process
- isComponentOf: CompoundObject
- StellarObject -> AstrObject
- constraint: hasMorphology = PointObject
- Star -> StellarObject

Class(Mass

partial Measurement)

Class(StarMass

partial Mass

restriction(isParameterOf
allValuesFrom(Star))

restriction(hasUnit
hasValue(SunMass)))



Онтологическое описание гипотезы

- Гипотеза функции начальных масс звёзд –
распределение количества звёзд с разной массой

Class(InitialMassFunction

partial Hypothesis

restriction(isCorrelationOf

ObjectSomeValuesFrom(StarMass))

restriction(isCorrelationOf

ObjectSomeValuesFrom(

intersectionOf(

Quantity

restriction(hasElement

allValuesFrom(Star))))))



Концептуальная схема описания звёзд

```
{ Star;  
  in: type;  
  crd: Coordinate;  
  mass: Float;  
  metaslot  
    in: measurement;  
    hasUnit: SunMass;  
  end  
}
```




Схема описания гипотезы

```
{ IMF;  
  in: type;  
  supertype: Hypothesis;  
  draw_mass: { in: function;  
    params: { +mass/Real,  
              -quantity/Real } };  
}
```



Реализация и проверка гипотезы

- Моделирование на основе гипотезы
 - Сгенерированные данные структурированы в соответствии с концептуальной схемой
 - Данные наблюдения



Традиционный подход к решению задач

- Постановка задачи
- Поиск релевантных данных или источников данных
 - Часто постановка задачи делается исходя из того, что можно сделать с имеющимися данными
- Обеспечение доступа и согласование данных
- Разработка решения задачи с использованием внутренних структур данных в системе
- Формирование результатов и отчётов
- Трудности из-за неоднородности данных и необходимость интеграции данных при работе с
 - новыми источниками данных
 - решении новых задач с использованием результатов
 - привлечении новых исследователей



Вызовы времени

- Исследования в значительной степени зависят от данных
 - наблюдение, моделирование, эксперименты
- Большие данные (объем, количество вычислений, вариативность данных и так далее)
- Потоки данных в реальном времени
- Множество источников данных
- Множество направлений анализа данных
- Множество методов
- Повторное использование наработок в предметных областях
- Выявление знаний на основе анализа данных
- Открытые исследовательские сообщества

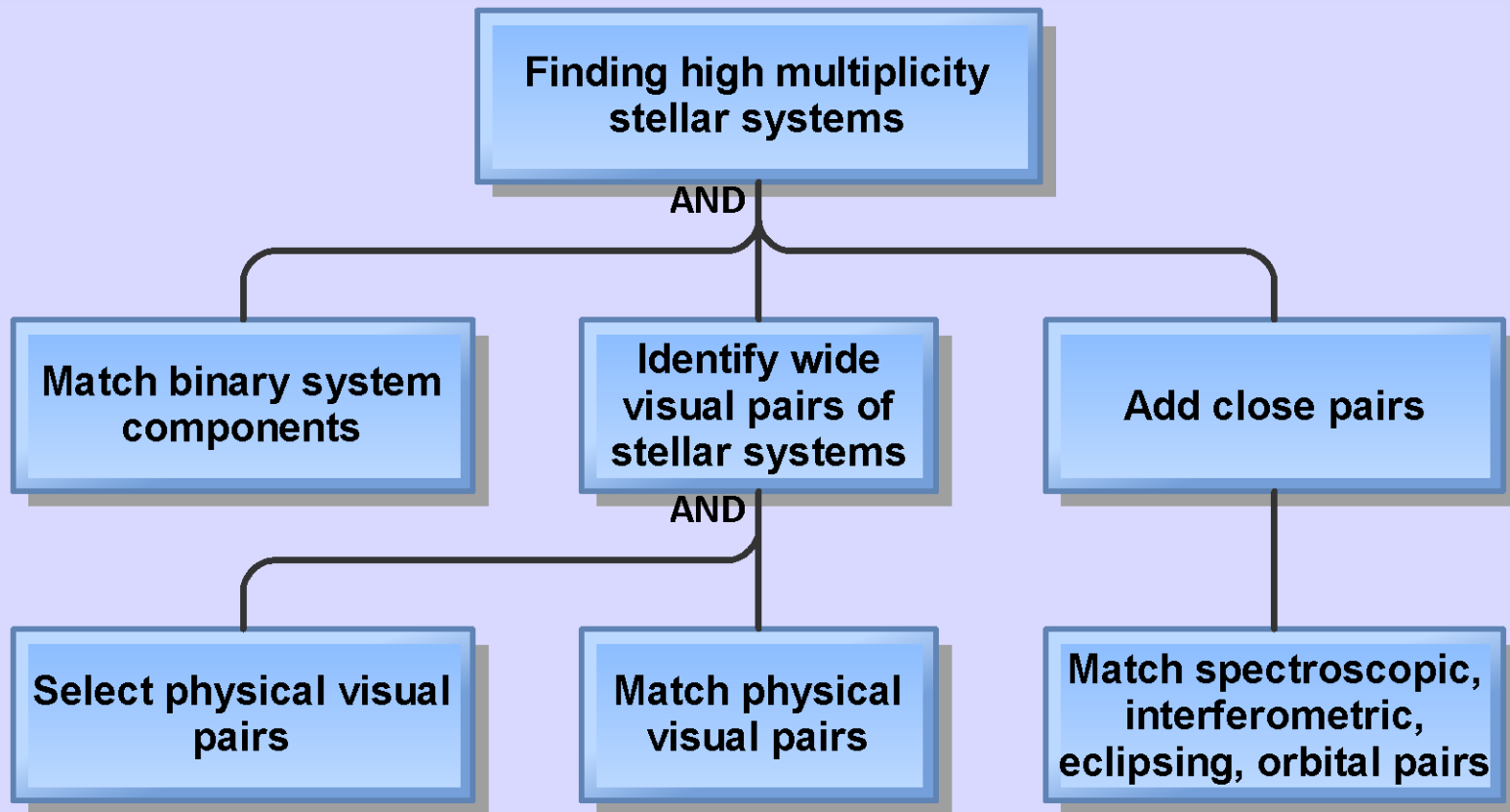


Формирование концептуальной схемы

- Построение модели требований
- Концептуализация предметной области
- Построение онтологии предметной области
 - Понятия и отношения
 - Свойства: сущности, роли, измеримые, характеристики, виды, события, процессы
 - Отношения обобщения/специализации, часть/целое, зависимость, ассоциативные отношения
- Преобразование понятий в спецификации структуры и поведения
 - С использованием информации о свойствах понятий и отношений
- Операционализация требований
 - Определение пред- и постусловий операций
- Разработка потока работ
 - Поток работ реализует модель требований
 - Поток работ использует структуры и операции концептуальной схемы



Модель требований: поиск звёздных систем большой кратности





Онтологические модули в области кратных звёзд

Common modules

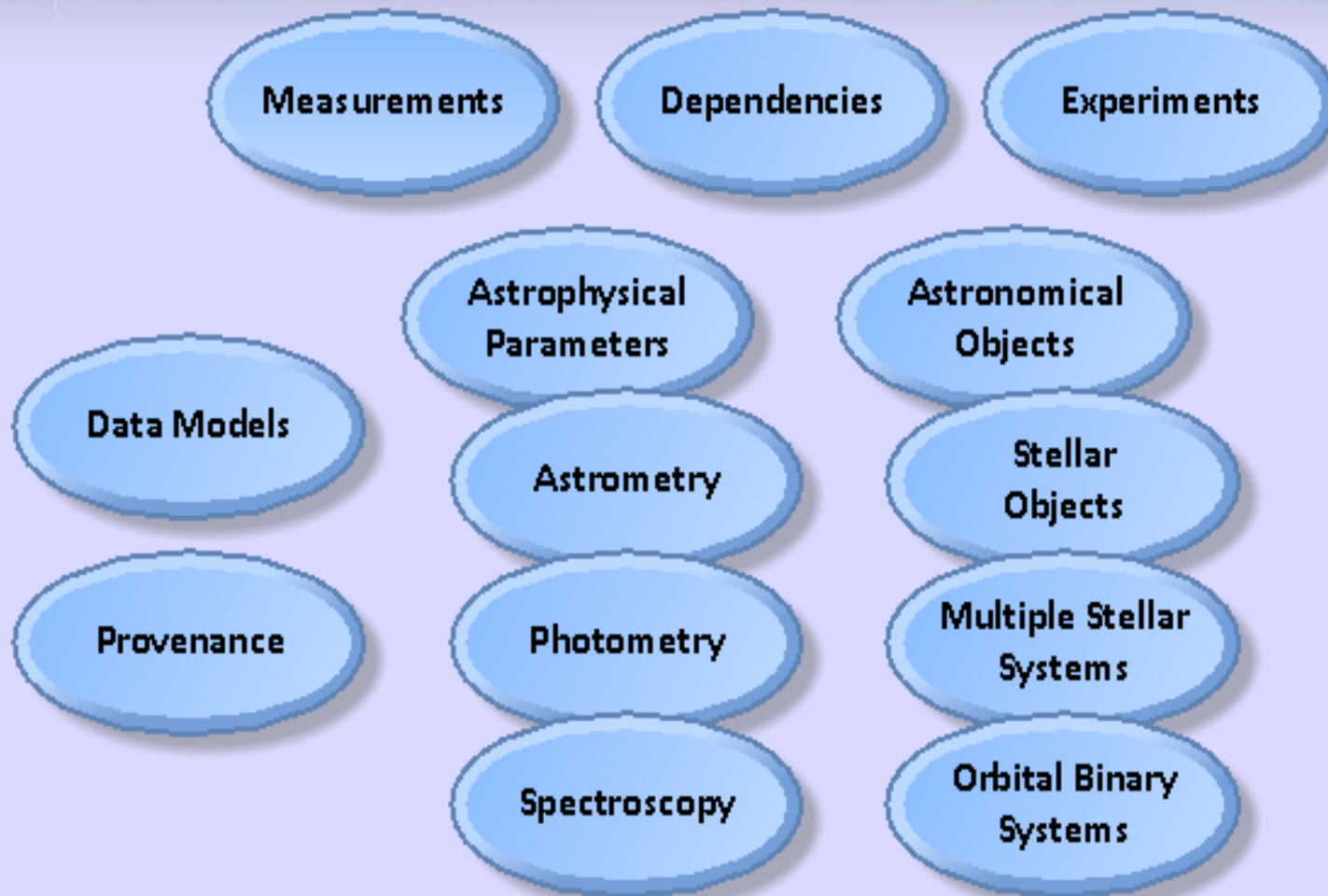
- Measurements
 - Provenance
 - Measurement Quality
- Dependencies
 - Research Experiments
- Events and Processes

Domain specific modules

- Astronomical objects
 - Stellar Objects
 - Compound Objects
- Astrometry
- Observation Approaches
 - Photometry
 - Spectroscopy
- Multiple Stellar Systems
- Orbit Parameters
- Astrophysical Parameters



Онтологические модули



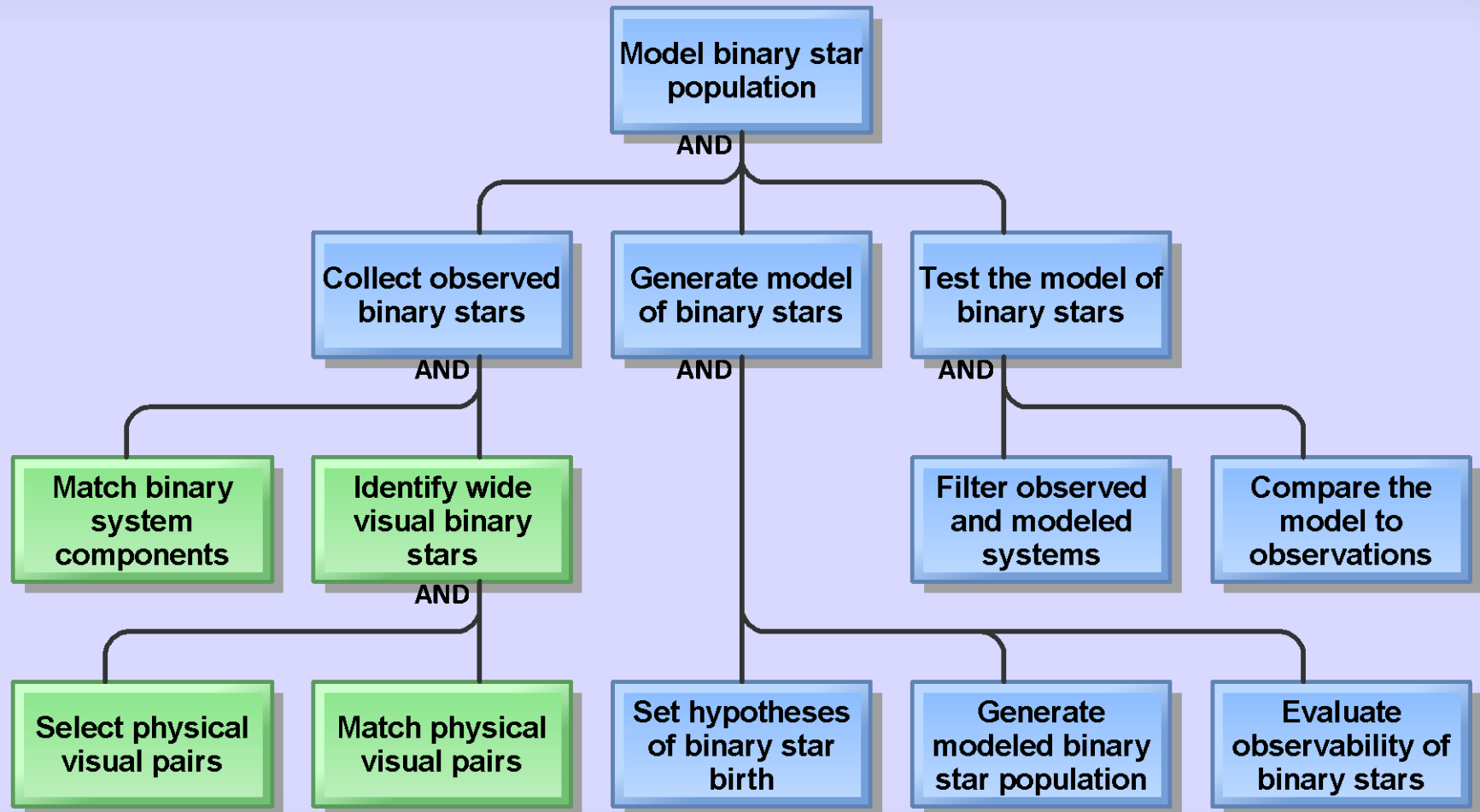


Понятия онтологии и типы сущностей схемы

Онтологический модуль	Понятия онтологии	Типы сущностей в концептуальной схеме
Astr. Objects, Stellar Objects	Astronomical Object, Observational Type, Compound Object, Component, Stellar Object, Star, Stellar System	Component
Astrometry	Coordinate, Coordinate System, Equatorial Coordinate System, Galactic Coordinate System, Right Ascension, Declination, Precession, Parallax, Distance, Proper Motion	Coordinate
Astrophysical parameters	Star Age, Star Mass	
Multiple Stellar Systems	Multiple Stellar System, Mass Ratio, Separation, Primary Component, Secondary Component, Pair, Visual Pair, Physical Visual Pair	Pair, System
Photometry	Photometric System, Maximum Magnitude, Minimum Magnitude, Passband, Magnitude, Frequency	
Orbital Parameters	Orbital Movement, Period, Position Angle, Angular Separation, Eccentricity	Orbit



Модель требований в задаче моделирования Галактики двойных звёзд





Расширенные ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ модули

Онтологическ ие модули	Понятия онтологии	Conceptual Scheme Entity Type
Astr. Objects, Stellar Objects	Astronomical Object, Observational Type, Compound Object, Component, Stellar Object, Star, Stellar System	Component
Astrometry	Coordinate, Coordinate System, Equatorial Coordinate System, Galactic Coordinate System, Right Ascension, Declination, Precession, Parallax, Distance, Proper Motion Galactic Coordinate System, Galactic Latitude, Galactic Longitude	Coordinate
Multiple Stellar Systems	Multiple Stellar System, Mass Ratio, Separation, Primary Component, Secondary Component, Pair, Visual Pair, Physical Visual Pair, Mass Ratio, Projected Separation, Binary Star Birth Function	Pair, System
Photometry	Photometric System, Maximum Magnitude, Minimum Magnitude, Passband, Magnitude, Frequency	
Orbital Parameters	Orbital Movement, Period, Position Angle, Angular Separation, Eccentricity	Orbit
Astrophysical parameters	Star Age, Star Mass	



Повторное использование и разработка спецификаций

- Модель требований повторно использует некоторые конечные требования.
 - Сопоставление компонентов систем (операция `matchComponents`)
 - Выбор физических визуальных пар (операция `selectPhysical`)
 - Сопоставление физических визуальных пар (операция `matchPairs`)
- Расширение онтологии понятием "Binary Star Birth Function", которое является подпонятием "Hypothesis" из онтологического модуля "Research Experiments".
- Повторное использование структурных спецификаций концептуальной схемы кратных звездных систем.
- Расширение концептуальной схемы определением типа "Гипотеза рождения двойной звезды", сгенерированным из онтологии.
- Генерируются операции для других конечных требований
 - Установить гипотезу звездообразования двойной звезды (`setHypothesis`)
 - Генерировать смоделированную популяцию двойной звезды (`generatePopulation`)
 - Оценка наблюдаемых параметров двойных звезд (`calcObsParams`)
 - Фильтровать наблюдаемые и моделируемые системы (`filterBinaries`)
 - Сравните модель с наблюдениями (`testModel`)
- Разработка потока работ для решения этой задачи



Развитие онтологии

- StellarObject subclassOf (
 - AstronomicalObject ...
 - and (parallax max 1 Parallax)
 - and (properMotion max 1 ProperMotion) ...)
- Pair subClassOf (
 - CompoundObject
 - StellarObject
 - and (isPairOf only StellarSystem)
 - and (hasComponent max 2 Component))
 - and (hasPrimaryComponent max 1 Component)
 - and (hasSecondaryComponent max 1 Component)
 - and (hasObservationType only ObservationalType)
 - **and (hasSeparation max 1 Separation)**
 - **and (hasMassRatio max 1 MassRatio)**
 - and (hasOrbit max 1 Orbit))
- VisualPair subClassof (
 - Pair
 - and (hasRelationalPosition only RelationalPosition)
 - and (hasObservationalType value Visual))



Гипотеза звездообразования двойных звёзд

- subClassOf (
- Hypothesis
- and (isCorrelationOf some (Eccentricity))
- and (isCorrelationOf some (
- Quantity
- and (hasElement only (Pair))))))

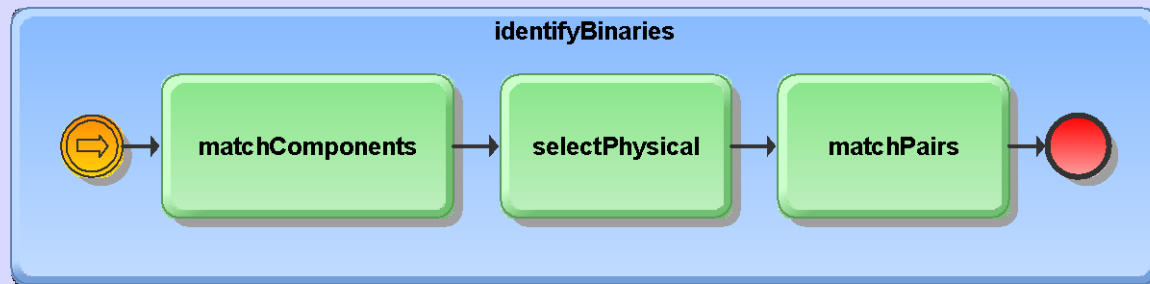
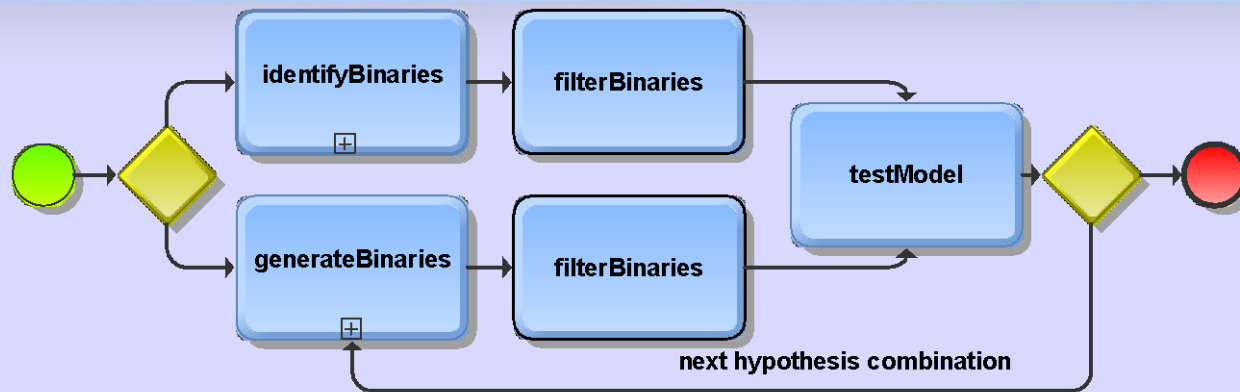


Развитие концептуальной схемы

- CREATE TABLE Pair(
 - pair_id NUMBER(10) PRIMARY KEY,
 - pair_of NUMBER(10),
 - coordinate NUMBER(10),
 - epoch TIMESTAMP,
 - parallax FLOAT,
 - properMotion FLOAT,
 - primaryComponent NUMBER(10),
 - secondaryComponent NUMBER(10),
 - obsType NUMBER(10),
 - **age** FLOAT,
 - **massSum** FLOAT,
 - **massRatio** FLOAT,
 - **separation** FLOAT,
 - relPosition NUMBER(10),
 - orbit NUMBER(10),
 - is_physical BOOLEAN,
 - ...);



The Workflow for Binary Star Galaxy Modeling





Концептуальные подходы к решению задач

- Концептуализация предметной области
- Концептуальные спецификации
 - Явное описание семантики сущностей и явлений
 - Обслуживание и совместное использование сообществом домена
 - Онтологическое обязательство (быть членом сообщества)
- Поиск и интеграция данных и методов, связанных со спецификациями домена
 - Семантический поиск релевантных данных
 - Семантическая интеграция источников данных
 - Семантический поиск и интеграция реализаций релевантных методов
- Методы и средства, применяемые к объектам предметной области
 - Разработка в терминах спецификаций предметной области
 - Применяется не к источникам данных, а к структурам предметной области
- Возможность повторного использования
 - Источники данных интегрируются единожды
 - Использование коллекций существующих методов
 - Использование предыдущих результатов в структуре, принятой для предметной области
- Сотрудничество в рабочих группах
 - Использование общих знаний, данных, методов



Что нужно от онтологии для формирования схем

- Понятия исследуемых сущностей и сущностей, связанных с ними
- Понятия характеристик сущностей, их состояний
- Понятия о типах событий, корреляций, явлений, процессов, связанных с сущностями
- Понятия подходов к наблюдению, видов оборудования и его характеристик
- Понятия, связанные с научным методом, экспериментами, моделированием сущностей и явлений