

Model Driven Architecture Implementation using Linked Data and Digital Archives

Evgeny Cherkashin

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

eugeneai@icc.ru

2019, December
China

Main objective of the research is to construct a MDA technology based on nowadays system modeling visual languages (SysML, BPMN, CMMN) and existing Semantic Web **vocabularies** and **technologies**. The following techniques and software are under development:

1. CIM representation with SysML, BPMN, CMMN, and results of source code processing,
2. CIM, PIM, PSM representation in RDF with existing vocabularies,
3. transformation implementation with logical language Logtalk,
4. usage of LOD sources in transformations for obtaining additional semantic data,
5. generation of documents and user interfaces with LOD markup.

Logtalk as transformation definition language

We have chosen Logtalk as it

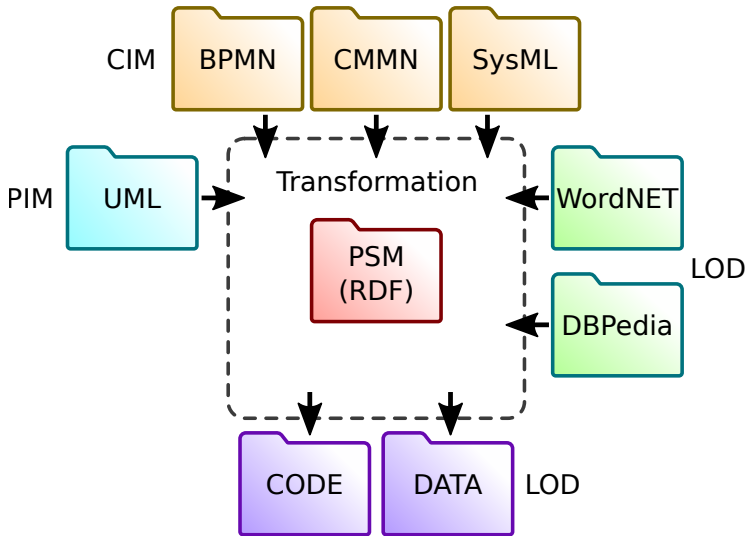
- ❑ inherits widely known Prolog language syntax and runtime;
- ❑ implemented as macro package, performance penalties are about 1.5%;
- ❑ has flexible semantics: we can define transformations and constraints within the same syntax;
- ❑ implement object-oriented knowledge (rules) structuring, encapsulation and replacement;
- ❑ compositional way of transformation implementation;
- ❑ powerful engine to post constraints on object-to-object messages (events);
- ❑ has implementation for many Prolog engines.

The «regular» language allow us to use its libraries not directly related to MDA transformations.

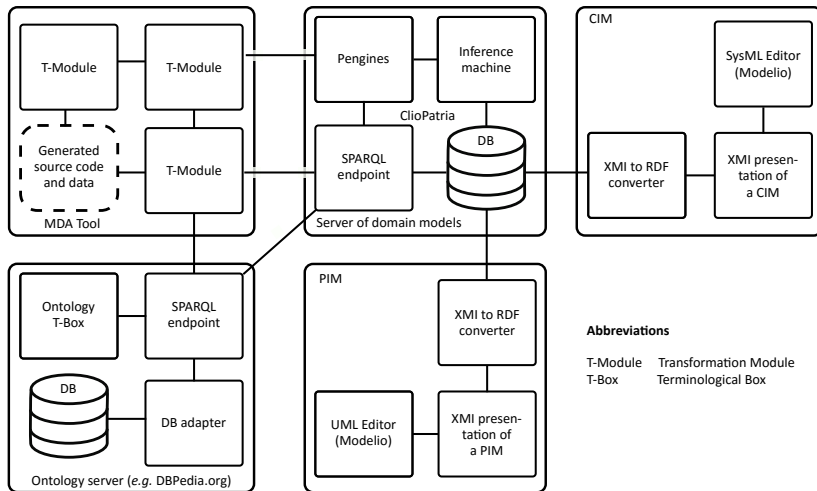
Linked Open Data, LOD

1. Information is published in Internet with open access license;
 2. It is represented in a machine-readable form, e.g., Excel table instead of a bitmap picture;
 3. An open format used, e.g., CSV instead of Excel;
 4. The format is based on W3C recommended standards, allowing RDF and SPARQL reference;
 5. Published data refer to objects, forming context.
- Thus, applications publish data as relations of objects (entities).

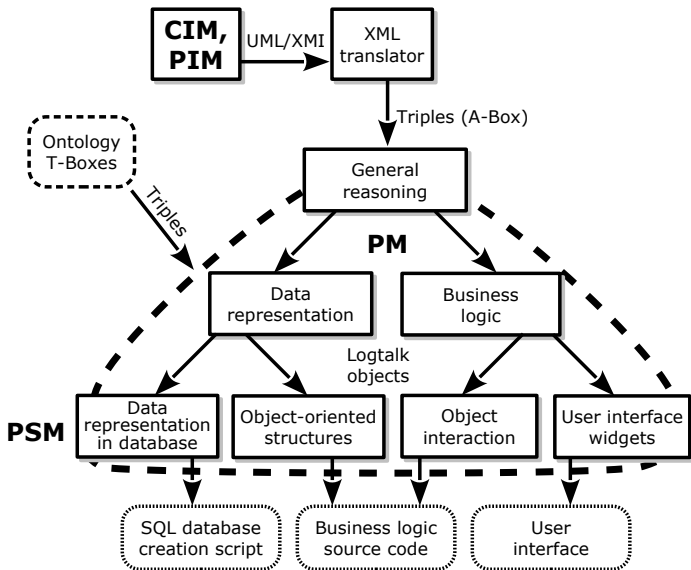
Model Driven Architecture and Linked Open Data



MDA infrastructure



Architecture of transformation modules



PSM: Scenario of a Class synthesis

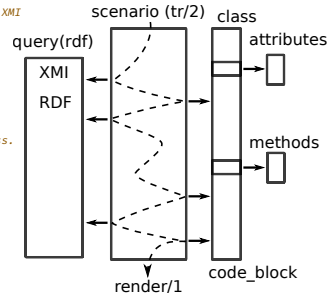
```

-- object(direct(_Package,_LocalProf,_CodeProf)). % Transformation driver object
-- public([tr/4,tr/3]). % Public interface of a class synthesis scenario
% . . . . .
tr(class, Class, ClassID):- ::package(Package), % Synthesize a class
    query(Package)::class(Name, ClassID), % Query package structure in XMI
    create_object(Class, % . . . . . % Create a «Class» object
    create_object(Attributes, % . . . . . % Create «Attributes» object
    create_object(Methods, % . . . . . % ...«Methods».
    Class::name(Name), % Name the class.
    % Generate attributes of the class,
    % organizing them in a local database.
    % ...methods...
    Class::attributes(Attributes), % Set the attributes for class.
    Class::methods(Methods)). % ...methods.

tr(attribute, Attribute, ClassID, AttributeID):- % Attribute transformations
    ::package(Package),
    query(Package)::attribute(Name,ClassID,AttrID),
    create_object(Attribute, % . . . . .
    Attribute::name(Name). % Name the attribute.

tr(method, Method, ClassID, MethodID):- % Transformation of methods
    ::package(Package),
    query(Package)::method(Name,ClassID,MethodID),
    create_object(Method, % . . . . .
    Method::name(Name). % Name of the method
-- end_object.

```

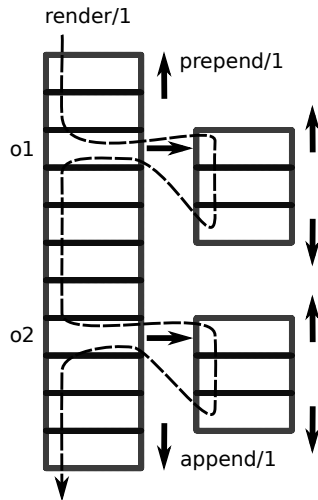


Implementation of Query object

```
:- object(query(_XMI)).  
:- protected(xmi/1).  
:- public([class/2, attribute/3, method/3]).  
xmi(XMI) :- parameter(1, XMI).  
class(Name, ID):- % Recognition of Class in RDF  
    ::xmi(XMI),  
    XMI::rdf(ID,rdf:type,uml:'Class'),  
    XMI::rdf(ID,rdfs:label, literal(Name)).  
attribute(Name, ClassID, ID):- % ...attribute...  
    ::xmi(XMI),  
    XMI::rdf(ClassID, xmi:ownedAttribute, ID),  
    XMI::rdf(ID, rdfs:label, literal(Name)).  
method(Name, ClassID, ID):- % ...method...  
    ::xmi(XMI),  
    XMI::rdf(ClassID, xmi:ownedOperation, ID),  
    XMI::rdf(ID, rdfs:label, literal(Name)).  
% . . . . .  
:- end_object.
```

Code Block (idea is taken from llvmlite*)

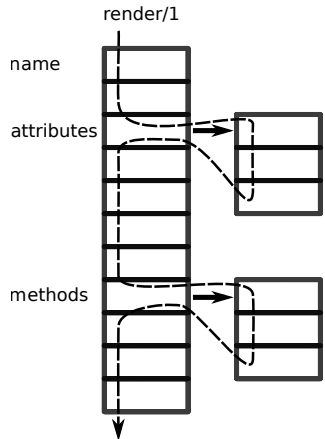
```
:- object(code_block, specializes(root)).
% Public interface of the object
:- public([append/1, prepend/1, clear/0,
  render/1, render_to/1, remove/1,
  item/1, items/1]).
% Code block items
:- dynamic([item_/1]).
:- private([item_/1]).
% Methods specialized during inheritance
:- protected([renderitem/2, render_to/2]).
% . . . . .
% Delegate rendering to object itself
renderitem(Object, String):-
    current_object(Object), !,
    Object::render(String).
% Convert a literal to its string
% representation
renderitem(literal(Item), String):-!,
    atom_string(Item, String).
% Just print the item (debugging).
renderitem(Item, String):-
    root::iswritef(String, '%q', [Item]).
:- end_object.
```



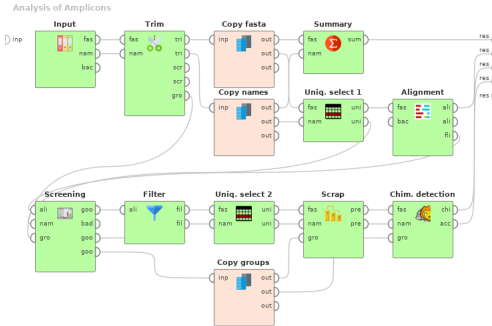
*) <https://github.com/numba/llvmlite>

PSM of a Python Class as a specialization of Code Block

```
:- object(class, specializes(code_block),
    imports([named])). % Category of named entities
:- public([classlist/1, methods/1, attributes/1]).
% . . . . .
renderitem(Item, Result):-      % proceed with default
    ^^renderitem(Item, Result). % rendering
render(Result):-                % Source generator
    ^^render(Name),             % implemented in a category
    ( ::item(classlist(List)) ->
        % . . . . .
        [Name] ),
    ( ::item(attributes(Attributes))->
        % . . . . .
        [DefAttrList],
        Attributes::items(InstanceAttrs),
        findall(S, ( % initialize attributes
            % . . . . .
            ), AttrAssigns),
        root::unindent,
        AttrList=[ConstructorDef|AttrAssigns];
        % . . . . .
        AttrList=[ConstructorDef, Pass] ),
    ( ::item(methods(Methods))-> % If any ...
        Methods::render(MethodList);
        MethodList=[] ),
    lists::append(AttrList,MethodList,StringList),
    root::unindent, Result=[Signature|StringList].
:- end_object.
```



Applications: Dataflow representation of NGS analysis of amplicons



Term	Description
NGS	New Generation Sequencing
Amplicon	A DNA or RNA part copied many times
Mothur	A software toolset for NGS research
Rapidminer	A visual tool for data mining modeling and execution

Green blocks are Mothur modules.
Others are Rapidminer modules.

Interesting positive impressions obtained:

- ❑ Logtalk and RDF are flexible, sufficiently universal and convenient implementation infrastructures for MDA;
- ❑ The best implementation means is Prolog predicate wrapping and Logtalk object encapsulation of rules;
- ❑ Not all Logtalk properties are investigated: there might be more sophisticated programming techniques developed, *e.g.*, on the base of message watchers.

Technical problems making the approach somewhat problematic:

- ❑ Very simple tasks take too much efforts, *e.g.*, text processing: convert an identifier into the CamelCase;
- ❑ It takes too long to surf Internet in order to find a vocabulary for a domain, but it is more productive than development;
- ❑ Prolog is not a popular language in MDA, neither Logtalk.

Document authoring and storage

In most cases documents are created as a result of

- ❑ creative activity of a person with a text processors (authoring);
- ❑ printing a digital copy or a data record in a database;
- ❑ aggregation operation over database records (report).

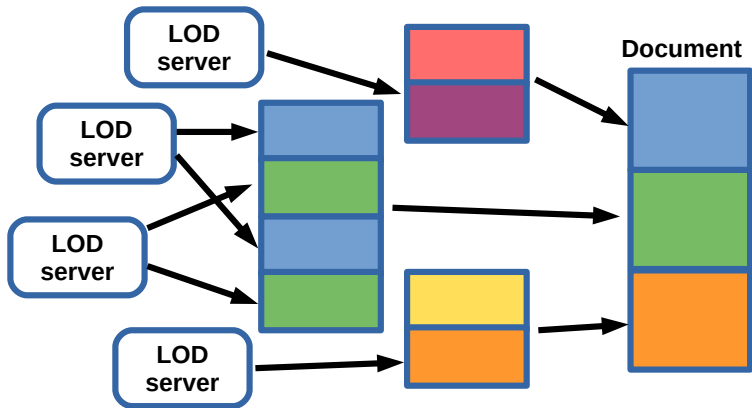
Then it is stored either as a physical paper and/or a digital document (PDF, DOCX, HTML).

Since 2000-th, Semantic Web and Linked Open Data (LOD) is being developed, allowing

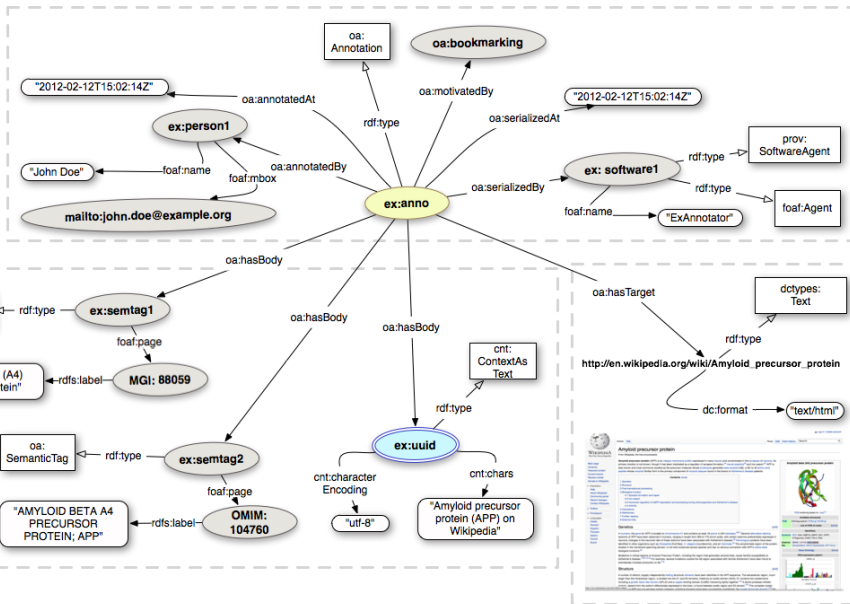
- ❑ structural storage of data within published documents;
- ❑ processing stored data computationally;
- ❑ integration of data structures and data objects globally.

The **aim of this research** is to develop technologies, software and services allowing construction of digital archives supporting document data inclusion and inference from existing documents.

Structure of a document



Open Annotation (oa)



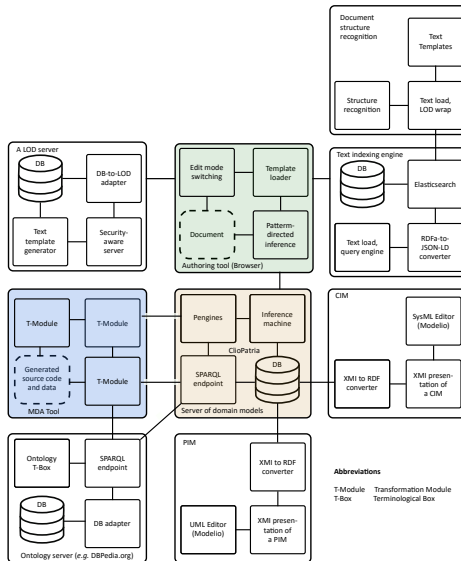
Representation

```
<html lang="ru" xmlns=http://www.w3.org/1999/xhtml
xmlns:taa=http://irnok.net/engine/rdfa-manipulation
xml:lang="ru" metal:define-macro="page">
<head> . . . . </head>
<body prefix="rdf: http://www.w3.org/1999/...-ns# foaf: http://xmlns.com/foaf/...
imei: http://irnok.net/college/plan/01..16-...\"
%Do\%BA_PB-SM.plm.xml.xlsx-....2.3.1.html#" resource="#post"
typeof="schema:CreativeWork sioc:Post prov:Entity">
<!-- The application control panel -->

<main lang="ru" resource="#annotation" typeof="oa:Annotation" id="main-doc-cnt">
<div property="oa:hasTarget" resource="#course-work-prog"></div>
<article property="oa:hasBody" typeof="foaf:Document curr:WorkingProgram"
resource="#course-work-program" id="main-document">

  <div taa:content="imei:title-page"></div>
  <div taa:content="imei:neg-UMK"></div>
  <section id="TOC" class="break-after"> <h2>Table of Contents</h2>
    <div id="tableOfContents"></div>
  </section>
  <section id="course-description" resource="#description"
    property="schema:hasPart" typeof="schema:CreativeWork">
    <div property="schema:hasPart" resource="#purpose"
      typeof="dc:Text cnt:ContentAsText" >
      <div property="cnt:chars" datatype="xsd:string">
        <h2 property="dc:title" datatype="xsd:string">
          Aims and objectives of the discipline (module)</h2>
        <p>The aim of teaching the discipline ...</p>
      </div>
    </div>
  </div>
  . . . . .
```

Architecture



Generated list of title page preambles



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Институт математики экономики и информатики

Кафедра информационных технологий



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Институт математики экономики и информатики

Кафедра алгебраических и информационных систем

УТВЕРЖДАЮ

Учебный план специальности 01.03.02 Прикладная математика и информатика

1. Общие сведения учебного плана

Сведения по Учебному плану

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в технике и экономике, методы принятия решений

Сведения о кафедре, разработавшей Учебный план

Кафедра: Математического анализа и дифференциальных уравнений,
Факультет: ИМЭИ.

Сведения о специальности

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Программа подготовки: прикладн. бакалавриат

Руководители

Проректор по учебной работе: Не распознан

Начальник УМУ: А.И. Вокин

Директор: М.В. Фалалеев

2. Список компетенций

Дисциплина: Б1.В.ДВ.3.1. Технологии программирования

- способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2)
- способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности (ПК-3)
- способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения (ПК-7)

3. Список курсов специальности

- Б1.Б.3 «Философия»

Imported time distribution for lecture, seminary, ...

загрузка,

- методиками экстремального и *agile*-программирования.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры	
		3	4
Аудиторные занятия (всего)	108	33	75
в том числе:			
Лекции	36		36
Практические занятия (ПЗ)			
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)	66	30	36
КСР	6	3	3
Самостоятельная работа (всего)	45	39	6

Complete document



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Институт математики экономики и информатики

Кафедра информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИМЭИ

" " 20 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.3.1. Технологии программирования

Направление подготовки:	10.03.01 (090900) Информационная безопасность
Направленность (профиль)	- общий
Квалификация (степень) выпускника	- бакалавр
Форма обучения	- очная

Иркутск 2016 г.

Согласовано с УМК факультета (института)

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № от " " 20 г.

Протокол № от " " 20 г.

Председатель (подпись)

Зав. кафедрой (подпись)

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)
5. Содержание дисциплины (модуля)
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
10. Образовательные технологии
11. Оценочные средства (ОС)

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины «Технологии программирования» является освоение студентами практических навыков в области разработки программного обеспечения на основе современных подходов к проектированию сложных, гетерогенных, распределенных информационных систем. Развитие навыков системного мышления, необходимого для

Used ontologies

- ❑ Friend-of-a-friend (**foaf**) - agent information: individuals, legal entities, program agents.
- ❑ Provenance (**prov**) - references between documents.
- ❑ Dublin Core (**dc**) - edited annotation mark up.
- ❑ DBPedia resource (**dbp**) – references to instant objects and classes.
- ❑ Schema.org (**schema**) - Google, Yandex, Yahoo, *etc.* searchable objects, structural elements.
- ❑ The Bibliographic Ontology (**bibo**) - literature reference mark up.

Conclusion

A tools (components) for digital archive implementation, which allows to device information systems and document processing services with the following features:

- ❑ load LOD marked up document, extract, store in a graph and index RDF data;
- ❑ retrieve RDF data as triples or as a result of full-text search query;
- ❑ combine existing LOD data and its content in new documents dynamically with browser based context inference machine;
- ❑ use server-site inference machine (Prolog) to process RDF data upon request from browser's part of the system;
- ❑ convert created RDFa marked up HTML5 documents into Excel and Word formats.

Applications

- ❑ Document authoring automation;
- ❑ Context-depended editing;
- ❑ Self-organizing global document flows;
- ❑ Documents as data sources for information systems.

Thanks for Your interest to our project!

Rapidminer module

```
vector<string> AlignCommand::setParameters(){ // PART OF MODULE SOURCE
try {
    CommandParameter ptemplate("reference", "InputTypes", "", "", "none", "none", "none", "", false, true, true); parameters.push_back(ptemplate);
    CommandParameter pcandidate("fasta", "InputTypes", "", "", "none", "none", "none", "fasta-alignreport-accnos", false, true, true); parameters.push_back(pcandidate);
    CommandParameter psearch("search", "Multiple", "kmer-blast-suffix", "kmer", "", "", "", "", false, false, true); parameters.push_back(psearch);
    CommandParameter pksize("ksize", "Number", "", "8", "", "", "", "", false, false); parameters.push_back(pksize);
    CommandParameter pmatch("match", "Number", "", "1.0", "", "", "", "", false, false); parameters.push_back(pmatch);
    // . . . . .
}
package com.rapidminer.ngs.operator; // GENERATED JAVA MODULE
// imports

class MothurChimeraCcodeOperator extends MothurGeneratedOperator {
    private InputPort fastaInPort = getInputPorts().createPort("fasta");
    private InputPort referenceInPort = getInputPorts().createPort("reference");
    private OutputPort chimeraOutPort = getOutputPorts().createPort("chimera");
    private OutputPort mapinfoOutPort = getOutputPorts().createPort("mapinfo");
    private OutputPort accnosOutPort = getOutputPorts().createPort("accnos");

    public MothurChimeraCcodeOperator (OperatorDescription description) {
        super(description);
    }
    @Override
    public void doWork() throws OperatorException {
        super();
        // . . . . .
    }
    @Override
    public List<ParameterType> getParameterTypes() {
        super();
        // . . . . .
    }
    @Override
    public String getOutputPattern(String type) {
        if (type=="chimera") return "[filename],[tag],ccode.chimeras-[filename],ccode.chimeras";
        if (type=="mapinfo") return "[filename],mapinfo";
        if (type=="accnos") return "[filename],[tag],ccode.accnos-[filename],ccode.accnos";
        return super.getOutputPattern(type);
    }
}
```

RDF (TTL) representation and ad its query object

```
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
ngsp:spec a ngsp:Specification ;
    ngsp:module mothur:NoCommand,
    mothur:align-check,
    mothur:align-seqs,
# . . . . .
mothur:align-check a ngsp:Module ;
    ngsp:outputPattern [ a cnt:Chars ;
        ngsp:parameterName "type" ;
        ngsp:pattern [ ngsp:patternString
            "[filename],align.check" ;
            dc:identifier "aligncheck" ] ;
        cnt:chars # . . . . .
# . . . . .
mothur:align-check-idir-parameter a ngsp:Parameter ;
    ngsp:important false ;
    ngsp:multipleSelectionAllowed false ;
    ngsp:optionsDefault "" ;
    ngsp:required false ;
    ngsp:type mothur:String ;
    dc:title "inputdir" .

mothur:align-check-map-parameter a ngsp:Parameter ;
    ngsp:important true ;
    ngsp:multipleSelectionAllowed false ;
    ngsp:optionsDefault "" ;
    ngsp:required true ;
    ngsp:type mothur:InputTypes ;
    dc:title "map" .

mothur:align-check-name-parameter a ngsp:Parameter ;
    ngsp:chooseOnlyOneGroup "namecount" ;
    ngsp:important false ;
    ngsp:multipleSelectionAllowed false ;
# . . . . .
```

```
:- object(queryparam(_RDF,_Parameter),
    extends(ngsquerybase)).

:- public(type/1).
type(Type) :-
    ::attr(type, Type).
:- public(name/1).
name(Name) :- ::attr(dc:title, literal(Name)).
:- public(options/1).
options(Value):- ::attr(options, Value).
:- public(options_default/1).
options_default(Value):-
    ::attr(optionsDefault, Value).
% . . . . .
:- public(multiple_selection_allowed/0).
multiple_selection_allowed:-
    ::bool_attr(multipleSelectionAllowed).
:- public(required/0).
required:-
    ::bool_attr(required).
:- public(important/0).
important:-
    ::bool_attr(important).
:- protected(attr/2).
attr(NS:Name, Value):-
    ::ngs(RDF),
    ::second(Parameter),
    rdf_db::rdf_global_object(Value, V),
    RDF::rdf(Parameter, NS:Name, V).
attr(Name, Value):-
    \+ Name=_:_,!,
    ::ngs(RDF),
    ::second(Parameter),
    rdf_db::rdf_global_id(Value, V),
    RDF::rdf(Parameter, ngsp:Name, V).
% . . . . .
:- end_object.
```