

# Инструментарий анализа, классификации и интерпретации сцен

**Евгений Черкашин**  
[eugeneai@icc.ru](mailto:eugeneai@icc.ru)

г. Иркутск, Институт динамики систем и теории управления  
им. В. М. Матросова СО РАН

Применение методов классификации с использованием технологий  
искусственного интеллекта для семантической интерпретации текстовых  
данных в системах автоматизации деятельности органов военного  
управления

# Современное состояние

- ❑ В настоящий момент ИИ чаще всего – это машинное обучение: нейронные сети
  - ▶ алгоритмические структуры свертки
  - ▶ генерирующие нейронные сети
  - ▶ модели регрессии, таксономии, классификации на основе машинного обучения и т. п.
- ❑ известное ограничение – невозможность интерпретации получаемых моделей в виде процедуры трансформации данных. ИНС – это набор коэффициентов.
- ❑ другое ограничение – сложность построения моделей для меняющихся во времени объектов (*динамических объектов и систем*). Например, последовательность сообщений между участниками общения может формировать некоторый план саботажа промышленного объекта.

Построение моделей АКЖД на основе логического программирования (СОЗ) позволяет продвинуться в решении задач распознавания на основе сценариев.

**Основная цель** НИРОКР – разработка технологии анализа текстов, базирующихся на формализованных знаниях.

Решаются следующие основные проблемы:

1. разработка методик анализа, классификации и интерпретации данных (АКИД), полученных на этапах применения машинного обучения, синтаксического анализа текста
2. создание моделей анализа сценариев (статических и динамических)
3. разработка приемов реализации алгоритмов АКИД средствами системы программирования Logtalk
4. формирование принципов использования хранилищ семантической информации в АКИД
5. реализация тестовых и практически значимых приложений

# Основная идея АКЖД (на примере динамической сцены)

1. Распознавание динамических свойств взаимодействующих объектов:
  - ▶ как объекты переходят из состояния в состояние
  - ▶ какие свойства меняются при каждом переходе
  - ▶ каков допустимый набор этих состояний
  - ▶ какие состояния обладают критическими признаками для принятия решения

Необходимо принять решение – соответствует ли сцена необходимому набору признаков.

Анализ и классификация базируется на построении иерархической системы моделей:

1. нижний уровень – результаты АКЖД объектов методами МО
2. выше – модели статического аспекта – свойства объектов и связей между ними
3. модели высокого уровня описывают поток сцен – сцена высокого уровня.

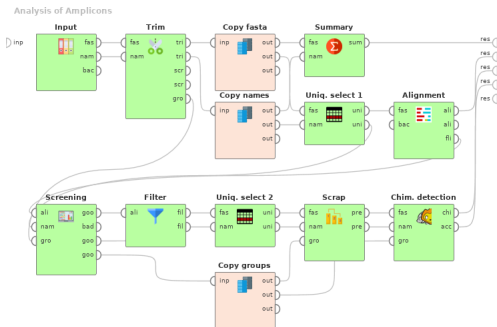
Сопоставление конкретной сцены одному из заданных сценариев – решение задачи классификации. При этом получаем и параметры компонентов сценария.

# Интерпретация сценария

**Интерпретация сценария** – трансформация структуры и параметров компонент целевого сценария. Для этого создаются

- ❑ модель контекста интерпретации – как элементы сценария преобразуются в другие объекты

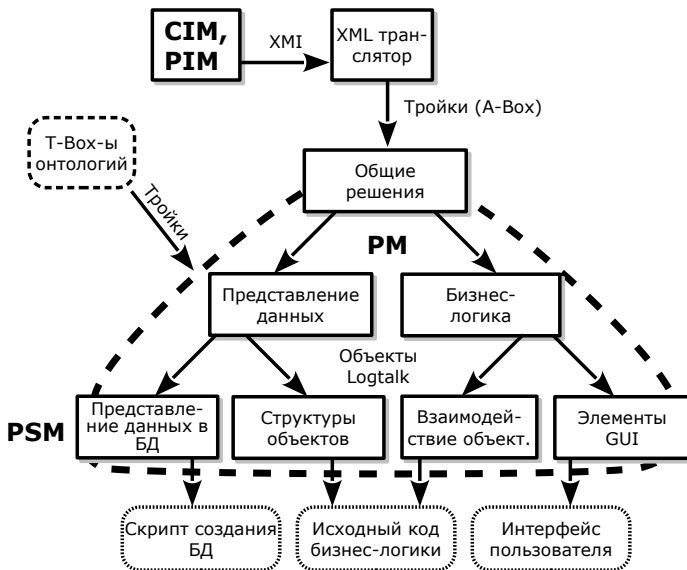
Разработана АКИД исходного кода прикладного пакета Mothur и порождения модулей Rapidminer studio (144 модуля).



Термин	Определение
NGS	Секвенирование нового поколения
Amplicon	Часть ДНК или РНК, скопированная много раз
Mothur	Пакет для исследований в NGS
Rapidminer studio	Визуальный редактор Dataflow-диаграмм

Зеленые блоки – модули Mothur, другие – модули Rapidminer studio.

# Архитектура модулей трансформации



# Сгенерированный модуль Rapidminer studio

```
vector<string> AlignCommand::setParameters(){ // PART OF MODULE SOURCE
try {
    CommandParameter ptemplate("reference", "InputTypes", "", "", "none", "none", "none", "", false, true, true); para
    CommandParameter pcandidate("fasta", "InputTypes", "", "", "none", "none", "none", "fasta-alignreport-accnos", f
    CommandParameter psearch("search", "Multiple", "kmer-blast-suffix", "kmer", "", "", "", "", false, false, true); p
    CommandParameter pksize("ksize", "Number", "", "8", "", "", "", "", false, false); parameters.push_back(pksize); p
    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);
    }
}
```

# Представление структуры модулей Mothur в виде графа знаний

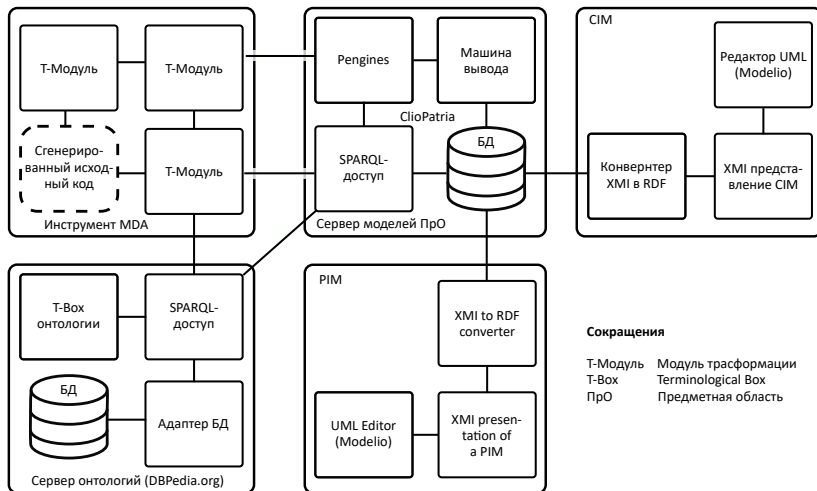
```
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
ngsp:spec a ngsp:Specification ;
    ngsp:module mothur:NoCommand,
        mothur:align-check,
        mothur:align-seqs,
# . . . . .
    mothur:align-check a ngsp:Module ;
        ngsp:outputPattern [ 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 ;
# . . . . .
```



# Инфраструктура сервисов



Язык Logtalk выбран в качестве языка представления трансформаций по следующим причинам:

- ❑ наследует все свойства сред программирования **ISO-Prolog**;
- ❑ реализован в виде **макropакета**; накладные расходы в случае использования только статических объектов – 1.5%;
- ❑ гибкий подход к представлению трансформаций: синтаксически одинаково задаются как трансформации, так и ограничения;
- ❑ параметрические объекты (`circle(0,0,10)::square(S)`).
- ❑ реализация ОО-представления базы знаний (правил): структуризация, инкапсуляция, замена части и т.п.;
- ❑ представление объектов-трансформаций как композиций при помощи категорий;
- ❑ механизмы фильтрации при передаче сообщений;
- ❑ представлены реализации для разных ISO-Prolog-систем.

# Применение SW для представления моделей

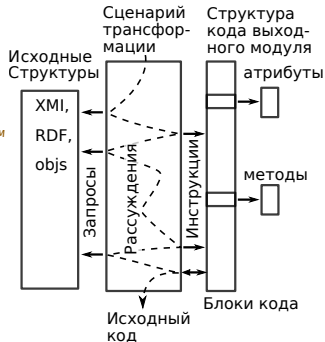
- ❑ Использование накопленного опыта и стандартов формализации предметных областей;
- ❑ Представление T-Box и A-Box при помощи множества троек (графа) <субъект, отношение, объект>;
- ❑ Элементы стандартных онтологий формально описаны (`rdfs:domain`, `rdfs:range`);
- ❑ Поддерживаются большинством программных систем (библиотеки, системы логического вывода, SPARQL);
- ❑ Предлагает способ глобальной идентификации объектов в различных независимых системах;
- ❑ SWI-Prolog включает библиотеку, позволяющую осуществлять запросы к графу, интерпретацию семантики некоторых отношений (`rdfs:label`, `dc:title`), инкапсуляцию BNode в многоаргументные предикаты; сервер онтологий ClioPatria;
- ❑ Предоставляется простой способ разделения уровней доступа к информации: (`rdfs:seeAlso`);
- ❑ Разметка RDF/LOD позволяет интегрировать гетерогенные системы.

# Сценарий синтеза класса по сценарию

```
:- object(script(_Package_,_LocalProf_,_CodeProf_)). % Трансформационный профиль
:- public([tr/4,tr/3]). % Публичный интерес сценария
% . . . . .
tr(class, Class, ClassID):- % Синтез класса
    % Запрос к структурам пакета
    query(_Package_::class(Name, ClassID),
    create_object(Class, . . . . % Создание объекта «Класс»
    create_object(Attributes,. . % Создание атрибута
    create_object(Methods, . . . % ... метода
    Class::name(Name), % Поименование класса
    % Порождение атрибутов класса,
    % Представление их в виде локальной базы данных.
    % ... то же с методами ...
    Class::attributes(Attributes), % Ассоциация атрибутов с классом
    Class::methods(Methods). % ... и методов тоже..

% Трансформация атрибутов
tr(attribute, Attribute, ClassID, AttributeID):-
    query(_Package_::attribute(Name,ClassID,AttributeID),
    create_object(Attribute, % . . . . .
    Attribute::name(Name). % Поименование атрибута

% Трансформация метода
tr(method, Method, ClassID, MethodID):-
    query(_Package_::method(Name,ClassID,MethodID),
    create_object(Method, % . . . . .
    Method::name(Name). % Поименование метода
    . . . . .
tr :- % Запуск АКIID
    forall( tr(class, Class, ClassID),
        ( forall(tr(attribute, A, ClassID, AID), true),
          forall(tr(method, M, ClassID, MID), true)).
:- end_object.
```



# Реализация объекта-фасада query

```
:- object(query(_XMI_)).

:- public([class/2, attribute/3, method/3]).
class(Name, ID):-                                     % Распознавание
    _XMI_::rdf(ID,rdf:type,uml:'Class'),              % класса
    _XMI_::rdf(ID,rdfs:label, literal(Name)).

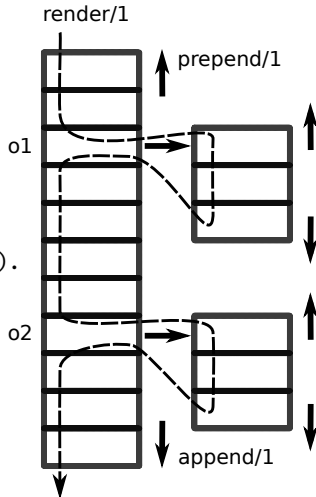
attribute(Name, ClassID, ID):-                        % ...атрибута...
    _XMI_::rdf(ClassID, xmi:ownedAttribute, ID),
    _XMI_::rdf(ID, rdfs:label, literal(Name)).

method(Name, ClassID, ID):-                          % ...метода...
    _XMI_::rdf(ClassID, xmi:ownedOperation, ID),
    _XMI_::rdf(ID, rdfs:label, literal(Name)).
% . . . . .
:- end_object.
```

# Блок кода (интерпретация объекта)

Идея реализации взята из `llvmlite*`)

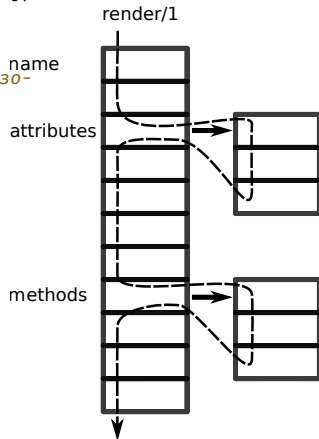
```
- object(code_block, specializes(root)).
% Публичный интерфейс объекта
:- public([append/1, prepend/1, clear/0,
  render/1, render_to/1, remove/1,
  item/1, items/1]).
% Элементы блока
:- dynamic([item_/1]).
:- private([item_/1]).
% Специализации методов при наследовании
:- protected([renderitem/2, render_to/2]).
% Позволить объекту сгенерировать
% свое представление самостоятельно
renderitem(Object, String):-
  current_object(Object), !,
  Object::render(String).
% Преобразовать литерал в строку
renderitem(literal(Item), String):-!,
  atom_string(Item, String).
% Отобразить как есть (для отладки).
renderitem(Item, String):-
  root::iswritef(String, '%q', [Item]).
:- end_object.
```



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

# Модель класса Python (пример)

```
:- object(class, specializes(code_block),
  imports([named])). % Категория поименованных сущностей
:- public([classlist/1, methods/1, attributes/1]).
% . . . . .
renderitem(Item, Result):- % Стандартное
  ^^renderitem(Item, Result). % преобразование name
render(Result):- % Генератор кода, реализо-
  ^^render(Name), % ванный в категории
  ( ::item(classlist(List)) ->
    % . . . . .
    [Name]) ),
  ( ::item(attributes(Attributes))->
    % . . . . .
    [DefAttrList]),
  Attributes::items(InstanceAttrs),
  findall(S, ( % Инициализация атрибутов
    % . . . . .
    ), AttrAssigns),
  root::unindent,
  AttrList=[ConstructorDef|AttrAssigns];
  % . . . . .
  AttrList=[ConstructorDef, Pass] ),
  ( ::item(methods(Methods))-> % Если есть ...
  Methods::render(MethodList);
  MethodList=[] ),
  lists::append(AttrList,MethodList,StringList),
  root::unindent, Result=[Signature|StringList].
:- end_object.
```



# Категории Logtalk

## Категория поименованных сущностей

```
:- category(named).  
  :- public([name/1, render/1]).  
  :- protected([renderitem/2]).  
  name(Name):- ::prepend(name(Name)).  
  renderitem(name(Name), String):-!, atom_string(Name, String).  
  render(String):- % Порождение кода  
    ::item(name(Name)), ::renderitem(name(Name), String).  
:-end_category.
```

## Категория поименованных типизированных сущностей

```
:- category(namedtyped, extends(named)).  
  :- public([type/1,render/2, separator_option/2,list_separator/1]).  
  :- protected([renderitem/2]).  
  type(Type):- ::append(type(Type)).  
  renderitem(Item, String):- ^^renderitem(Item, String),!.  
  renderitem(type(Type),String):-!, ::list_separator(Separator),  
    writef::swritef(String, '%w%w', [Separator, Type]).  
  render(Middle, String):- ^^render(SName),  
    ( ::item(type(Type)) ->  
      ::renderitem(type(Type), SType),  
      string_concat(SName, Middle, _1),  
      string_concat(_1, SType, String) ;  
      SName = String ).  
  render(String):- ::render("'", String).  
  list_separator(Separator):-  
    ::separator_option(Name, Default),!, % Глобальные настройки  
    root::option(Name, Separator, Default).  
:- end_category.
```

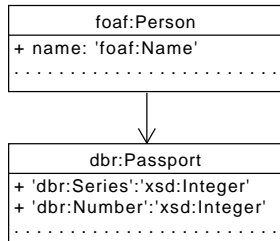


# Доступ к внешним графам знаний, LOD

```
:- category(sparql).
:- public(query/2).
query(Pattern, Parameters, Row):-
    prepare(Pattern, Parameters, Query),
    server(Host, Port, Path),
    sparql_query(Query, Row,
        [host(Host), port(Port), path(Path)]).
:- protected(server/3). % реализовать
                        % при наследовании.
:- protected(prepare/3). % подготовка запроса
% . . . . . % в виде строки.
:- end_category.

:- object(dbpedia, extends(sparql)).
:- protected(server/3).
server('dbpedia.org', 80, '/sparql').
:- public(entity_name/2).
entity_name(Entity, Language, Name):-
    query('select ?name where { '
        '%w rdfs:label ?name. '
        'FILTER langMatches( lang(?label), '
        '"%w" )}', [Entity, Language],
        row(Name)).
:- end_object.

% ?- dbpedia::entity_name(dbr:'Passport', 'ru', Name).
```



Интересные замечания по поводу использования Logtalk:

- ❑ Logtalk и RDF гибки и достаточно универсальны для удобной реализации задач АКЖД, выразимые в терминах анализа свойств и преобразования элементов
- ❑ Наиболее полезным средством Prolog и Logtalk – предикатная и объектная инкапсуляция: сложные рассуждения можно скрыть за интерфейсами
- ❑ Необходимо дальнейшее изучение свойств языка (2009).
- ❑ В настоящий момент ведется НИРОКР в области распознавания структуры текста в PDF-документе, в частности в учебных программ вузов и их RDFa-разметки.
- ❑ Для размеченного инструмента разрабатывается веб-сервис редактирования компонент текста с учетом их семантики (текст, перечисление, иерархический список, ссылка на литературу и т.п.)

# Заключение

Результаты, полученные к настоящему времени:

- ❑ Разработаны методики представления алгоритмов распознавания текстовых структур.
- ❑ Разработана методика представления сценариев распознавания и трансформации в виде иерархии логических объектов.
- ❑ Накоплен некоторый опыт реализации конкретных задач в области порождения кода информационных систем и анализа слабоструктурированных документов.
- ❑ Существенных технических проблем пока не выявлено.

Дальнейшее развитие проекта:

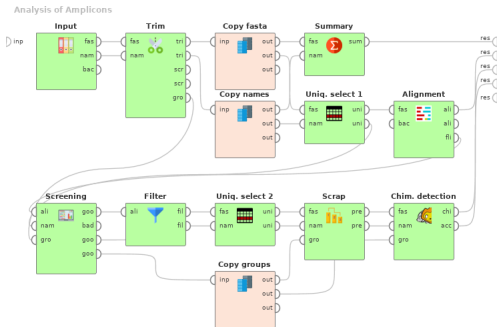
- ❑ Создание удобных для программиста инструментов семантической LOD-разметки форм и документов.
- ❑ Разработка методик программирования с преимущественным использованием статических объектов.
- ❑ Реализация библиотек и для конкретных классов задач.

Исходные коды находятся на Github в разделах:

- ❑ <https://github.com/isu-enterprise>,
- ❑ <https://github.com/eugeneai>.

Спасибо за уделенное внимание!

# Приложение: Представление NGS в виде диаграммы DataFlow



Термин	Определение
NGS	Секвенирование нового поколения
Amplicon	Часть ДНК или РНК, скопированная много раз
Mothur	Пакет для исследований в NGS
Rapidminer studio	Визуальный редактор Dataflow-диаграмм

Зеленые блоки – модули Mothur, другие – модули Rapidminer studio.

Использование MDA позволяет актуализировать структуру ПП Mothur (в н.в. 144 модуля).