

О РАСПОЗНАВАНИИ СИТУАЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В. В. ПОПОВИЧ, А. Н. ПРОКАЕВ, Р. П. СОРОКИН, О. В. СМИРНОВА

Санкт–Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

14 линия ВО, д.39, Санкт–Петербург, 199178

<popovich@mail.iias.spb.su>

<<http://www.oogis.ru>>

УДК 004.8

Попович В. В., Прокаев А. Н., Сорокин Р. П., Смирнова О. В. **О распознавании ситуации на основе технологии искусственного интеллекта** // Труды СПИИРАН. Вып. 7. — СПб.: Наука, 2008.

Аннотация. В настоящей статье рассматривается методика распознавания ситуации, основанная на технологии искусственного интеллекта. В представленном исследовании ситуация рассматривается как некоторый вектор, параметры которого содержат информацию о взаимосвязи и состоянии отдельных классов в определенный момент времени.

На множестве ситуаций определяется функция, позволяющая идентифицировать ситуацию на основе измерений свойств (параметров) классов, взятых в пространстве и времени.

Определение функции принадлежности и формирование репозитория (множества) выполняется с использованием алгоритма вывода Rete и метода иммунокомпьютинга. — Библ. 14 назв.

UDC 004.8

Popovich V. V., Prokaev A. N., Sorokin R. P., Smirnova O. V. **About situation recognition on basis of artificial intelligence technology** // SPIIRAS Proceedings. Issue 7. — SPb.: Nauka, 2008.

Abstract. This paper considers the situation awareness technique based on artificial intelligence technology. Certain meta-class of situation awareness problems comprising three major classes like environment and two moving objects. In the presented study the situation awareness (SA) is considered as some vector whose parameters contain information about the interrelationship and state of at least three separate classes at a given time instant.

Over the SA set the function is being formed that allows to identify SA based on measurements of three classes' parameters (properties) taken in the space and time.

Mechanism of defining the inference function and SA repository (set) forming is realized through the inference algorithm Rete and immunocomputing method. — Bibl. 14 items.

1. Введение

Термин «ситуация» появился в середине XIV столетия и происходит от латинского *Situatio*, означающего местоположение, расположение. К середине XVII столетия это понятие использовалось для обсуждения нравственных качеств человека и его отношений с окружающей обстановкой или окружающей средой. Последнее определение наиболее близко к тому, которое сейчас используется в высокоуровневом слиянии данных (*High Level Data Fusion*), а именно, согласно [14], ситуация — это совокупность всех сведений о структуре объекта и его функционировании в данный момент времени.

Распознавание (понимание) ситуации — это восприятие элементов окружающей среды в рамках времени и пространства, осмысление их значения и прогнозирование их состояния в ближайшем будущем [13].

Основу проблемы распознавания ситуации (РС) (или понимание ситуации) составляют две наиболее важные задачи, которые решаются на первом

(Оценка объекта), втором (Оценка ситуации), третьем (Оценка угроз) и четвертом (Управление процессом) уровнях JDL модели [7, 8, 9]:

- задача оценки объекта;
- задача оценки ситуации.

Для реализации этих задач разработано огромное число концепций [10, 11, 12], и исследования в этой области интенсивно продолжаются по сей день.

В настоящей статье рассматривается методика распознавания ситуации с использованием методов искусственного интеллекта для поисковых задач, в частности метода иммунокомпьютинга. Содержание статьи включает определение поисковой ситуации, ее формальное представление и определение РС для случая задач поиска. Далее дается анализ известных способов и алгоритмов РС. Предлагается рассматривать процесс РС и процесс идентификации поисковой ситуации как тождественные. При этом использование одного или нескольких статистических и/или математических алгоритмов не может решить проблему в целом. В связи с этим в качестве ядра сложной модели РС предлагается подход, основанный на применении технологии экспертных систем. Компьютерное исполнение данной идеи реализовано в программной экспертной системе CLIPS (Open Source) с использованием редактора онтологий Protégé.

2. Определение ситуации

Как показано в [4], любая операция поиска может быть представлена как некоторый метакласс "Операция". Метакласс "Операция" может интерпретироваться как вектор:

$$Operation = (Observer, Target, Region).$$

Каждый класс должен быть представлен в виде множества объектов. Для этого требуется найти основание классификации, т.е., например, класс Наблюдатель может содержать подклассы, а именно:

- 1) систему (системы) наблюдения для обнаружения физических полей цели;
- 2) множество (возможных) вариантов действий системы наблюдения;
- 3) множество (возможных) вариантов движения наблюдателя;
- 4) систему физических полей наблюдателя.

Основная цель действий системы наблюдения — это обнаружение цели. Во многих случаях одиночный Наблюдатель может рассматриваться как система наблюдения. Можно добавить, что наличие системы наблюдения — необходимое и достаточное условие существования Наблюдателя. В зависимости от тех или иных обстоятельств другие признаки Наблюдателя могут отсутствовать. Таким образом, без существенного искажения сущности изложения мы будем считать, что Наблюдатель и система наблюдения — синонимы.

Введем некоторые определения.

1. *Зона поиска* — некоторая, как правило, замкнутая область, в которой Наблюдатель выполняет свою задачу обнаружения объекта поиска, или иначе — *Цели*.

2. *Множество вариантов действий системы наблюдения* — это множество способов контроля Зоны поиска для обнаружения Цели.

3. *Множество вариантов перемещений наблюдателя* — это множество вариантов движения наблюдателя в процессе обследования Зоны поиска.

4. *Система физических полей наблюдателя* — это совокупность факторов, благодаря наличию которых наблюдатель может быть обнаружен Целью.

Класс Цель может иметь подклассы, аналогичные классу Наблюдатель:

1) систему (системы) наблюдения для обнаружения физических полей Наблюдателя;

2) множество вариантов действий системы наблюдения;

3) множество вариантов действий Цели;

4) систему физических полей Цели.

Классы, определенные выше, описывают предметную область нашего исследования, и такого уровня формализации вполне достаточно для теоретического уровня. Более детальное рассмотрение исследуемой предметной области может потребовать описания реальных операций поиска, вследствие чего более подходящими могут оказаться различные методы математического и имитационного моделирования. Однако данные методы эффективны, когда основные детали выполнения поисковых действий известны. В качестве примера можно привести поисковые действия, выполняемые в процессе спасательной операции (лесные пожары, наводнения, а также иные подобные форс-мажорные обстоятельства). В противном случае использование указанных методов должно предваряться теоретическим описанием исследуемой поисковой операции.

Таким образом, первый этап определения ситуации предполагает описание ее концептуальной модели. На следующем этапе концептуальная модель поиска формализуется методами формальной алгебры.

Формирование алфавита теории

Для формального представления теории будем использовать положения, развитые в математической логике и в теории моделей.

Рассмотрим определенный непустой набор $T \langle L, A, H \rangle$, где:

1. L – язык теории (формальные символы языка);

2. A – аксиомы теории (высказывания, формулы, которые считаются истинными и не доказанными в пределах данной теории);

3. H – теоремы теории (истинные высказывания), доказательство которых основывается на синтаксисе языка, его семантике и аксиомах, как это понимается в теории.

Помимо формальных символов языка рассмотрим содержательное множество языка теории, в которое включены: *Наблюдатель (Observer)*, *Цель (Target)*, *Зона поиска (Region)*, *Операция (Operation)*.

Исследуем указанные множества:

$$Observer = (K_n, V_n, D_{ef}),$$

где K_n – курс наблюдателя (в градусах) может быть задан детерминировано, диапазоном, случайной величиной; V_n – скорость наблюдателя (в узлах) может быть определена аналогично курсу; D_{ef} – эффективная ширина полосы поиска наблюдателя является параметром, характеризующим поисковый потенциал наблюдателя. Эффективная ширина полосы поиска является функцией, определяемой следующим образом:

$$D_{ef} = f(V_n, Target, Region),$$

где *Target* – объект поиска или иначе — *Цель*; *Region* – район выполнения операции поиска или иначе – *Зона поиска*. Параметры указанных классов рассмотрены ниже:

$$Target = (K_c, V_c, D_{efc}),$$

где K_c – курс цели (в градусах) может быть задан детерминировано, диапазоном, случайной величиной; V_n – скорость цели (в узлах) может быть определен аналогично курсу; D_{efc} – эффективная ширина полосы поиска цели является параметром, характеризующим потенциал поиска цели. Здесь функция, определяется как $D_{efc} = f(V_c, Observer, Region)$.

$$Region = (a, b, S, K),$$

где a – ширина зоны поиска (в милях); b – длина зоны поиска (в милях); S – площадь зоны поиска (квадратные мили, $S = a \cdot b$); K – множество вспомогательных характеристик зоны поиска (профили полей цели, глубины, характеристики наблюдаемости и т.д.).

Таким образом, можно наблюдать взаимосвязь между всеми объектами операции.

$$Operation = (G, F),$$

где G – множество гипотез операции (определение класса цели, физических полей цели, присутствие цели в области поиска, и т.д.); F – набор свойств, которые не могут быть описаны математической моделью, однако могут влиять на результаты поиска.

3. Распознавание ситуации

Обобщенный алгоритм (концептуальная постановка задачи)

Для идентификации ситуации в операции поиска объектов необходимо выполнить следующие шаги:

1. На основе анализа информации, получаемой от различных источников, а также нормативно–справочной информации о поисковых силах, объектах поиска, районе, инфраструктуре и т.п. произвести *идентификацию класса ситуации*.
2. Для полученного класса ситуации *идентифицировать гипотезу ситуации*.
3. Для выбранной гипотезы ситуации автоматизированно *сформировать XML–документ* из соответствующего шаблона для передачи заинтересованным потребителям.

Идентификация поисковой ситуации

Идентификация поисковой ситуации производится экспертной системой на основании данных, взятых из формализованных донесений и базы нормативно-справочной информации, а также репозитария классов поисковых ситуаций и репозитария сценариев для идентификации класса поисковых ситуаций.

Синтез репозитория классов поисковых ситуаций

1. На основе анализа опыта освещения обстановки в различных условиях функционирования системы освещения обстановки выявляется максимальное количество (в идеале — все) возможных поисковых ситуаций.
2. Выполняется анализ полученной совокупности поисковых ситуаций (операций) и классификация.
3. Производится синтез онтологии поисковых ситуаций и операций.

Онтология — это модель знаний о предметной области, формальное представление которой может быть произведено средствами специализированной среды инженерии знаний. При разработке онтологии предметной области выявляется состав понятий предметной области, а также логические связи и отношения между ними. Конечным результатом разработки онтологии является иерархия классов, отражающих понятия предметной области, а также связи и отношения между ними.

Разработку онтологии предметной области можно производить непосредственно («вручную») с использованием универсальных текстовых редакторов широкого распространения, а можно с использованием специализированных программных средств для построения онтологий (табл. 1).

Таблица 1

Пример онтологии для разработки баз знаний сценариев

№ понятия	Понятие	Отношения	Тип понятия, №№ связанных понятий
1	Деятельность	Цель	<i>Строковый</i>
		Описание	<i>Булев тип</i>
		Выполнено	<i>Булев тип</i>
		Цель достигнута	<i>Булев тип</i>
2	Сценарий	Схема сценария	6
		Начальный этап	3,4
		Конечный этап	3,4
3	Этап	Действия	1
		Следующий этап	3,4
		Предыдущий этап	3,4
		Сценарий	<i>Строковый</i>
4	Решение	Процедура решения	<i>Булев тип</i>
		Предыдущий этап	3,4
		Этап решения	3
		Сценарий	2
		Варианты	3
5	Действие	Этап	3
		Частный сценарий	2
		Реализация	8

№ понятия	Понятие	Отношения	Тип понятия, №№ связанных понятий
6	Схема деятельности	Схема	1
7	Ход выполнения	Этапы	3,4
8	Реализация		
9	Создать	Объекты	18
10	Удалить	Объекты	18
11	Управлять	Широта	<i>Строковый</i>
		Долгота	<i>Строковый</i>
		Курс	<i>Целочисленный</i>
		Скорость	<i>Вещественный</i>
		Объекты	<i>Экземпляр</i>
12	Прибыть	Управлять	<i>Экземпляр</i>
		Зона	<i>Булев тип</i>
13	Коробочка	Интервал	<i>Вещественный</i>
		Время	<i>Целочисленный</i>
14	Точка	Широта	<i>Строковый</i>
		Долгота	<i>Строковый</i>
15	Зона	Точка	<i>Экземпляр</i>
		Радиус	<i>Целочисленный</i>
16	Район	Точка	14
17	Вектор	Курс	<i>Целочисленный</i>
		Скорость	<i>Вещественный</i>
18	Объект	Точка	14
		Тип	<i>Строковый</i>
		Вектор	17
		Знак	<i>Строковый</i>

Для дальнейшей практической реализации полученная онтология предметной области представляется в виде соответствующего дерева классов понятий с помощью специализированного редактора онтологий. В данной работе использовался редактор онтологий Protégé [1].

Представление онтологии в виде дерева классов понятий позволяет описать эту онтологию на языке представления знаний, который воспринимается машиной логического вывода. В данной работе была использована машина логического вывода (МЛВ) CLIPS и ее язык представления знаний. Преобразование дерева онтологии в конструкции языка представления знаний CLIPS производится автоматизированно с использованием редактора онтологий Protégé. При этом в нотации указанного языка формального представления знаний описывается каждый класс (понятие онтологии) с соответствующими ему слотами (отношения онтологии). Пример описания для класса (понятия) «Этап» из ранее приведенной онтологии показан в листинге 1.

Итоговое описание дерева классов (онтология) на языке формального представления знаний сохраняется как файл формата выбранной машины логического вывода (для МЛВ Clips файл имеет расширение *.ront). Полученное представление онтологии поисковых ситуаций позволяет перейти к построению сценариев для идентификации поисковых ситуаций.

```
defclass Этап
  (is-a Деятельность)
  (role concrete)
  (single-slot следующий-этап
  (type INSTANCE)
;- (allowed-classes Этап Решение)
;- (cardinality 0 1)
  (create-accessor read-write))
  (multislot предыдущие-этапы
  (type INSTANCE)
;- (allowed-classes Этап Решение)
  (create-accessor read-write))
  (single-slot сценарий
  (type INSTANCE)
;- (allowed-classes Сценарий)
;- (cardinality 1 1
  (create-accessor read-write))
  (multislot действия
  (type INSTANCE)
;- (allowed-classes Действие)
  (cardinality 1 ?VARIABLE)
  (create-accessor read-write)))
```

Листинг 1. Описание класса «Этап».

Синтез архива сценариев для идентификации классов ситуаций и операций поиска

Под идентификацией поисковой ситуации понимается отнесение последней к определенному классу поисковых ситуаций. Сценарии идентификации поисковых ситуаций предназначены для выявления класса реальной поисковой ситуации путем ее сопоставления с имеющимися в архиве. Алгоритм синтеза архива сценариев идентификации поисковой ситуации приведен ниже. Необходимо заметить, что, как и в случае разработки онтологии, основным действующим лицом здесь является эксперт в предметной области.

1. Ключевые абстракции разработанной онтологии поисковых ситуаций и операций сопоставляются с графическими примитивами сценариев идентификации поисковых ситуаций.
2. Графическим примитивам присваивается семантическая (предметно-смысловая) интерпретация.
3. С использованием графических примитивов производится построение ориентированного графа, представляющего сценарий идентификации поисковых ситуаций. Вершины этого графа, обозначаемые графическими примитивами, соответствуют понятиям онтологии предметной области, а дуги – их отношениям. Если поисковых ситуаций немного (10–20), то их

идентификация может быть произведена одним сценарием. При большом количестве поисковых ситуаций для удобства восприятия и ускорения работы системы общий сценарий можно декомпозировать на несколько. Структура графа сценария описывает причинно-следственную последовательность шагов идентификации поисковой ситуации.

4. Разрабатывается и формализуется система правил интерпретации классов. Эти правила также описываются на входном языке, воспринимаемом машиной логического вывода, и сохраняются в файле (для CLIPS — в файле с расширением *.clp).
5. Производится формальное описание процедурных знаний (создание представителей, или экземпляров классов ситуаций поиска). Указанные знания описываются на вышеупомянутом языке представления знаний и сохраняются в файле (для CLIPS — *.pins). Пример описания представителя класса приведен на рис. 1.
6. Выполняется интеграция процедурных и предметных знаний путем размещения вышеуказанных файлов с соответствующими частями базы знаний в специализированной папке сценариев.
7. Выполняется отладка и тестирование полученных репозитариев поисковых ситуаций и сценариев их идентификации с использованием специального инструментария.

```
[[igis_00571] of Сценарий
  (схема-сценария [igis_00572])
  (конечные-этапы
    [igis_00580]
    [igis_00581])
  (название "Спасательная операция")
  (цель "Спасение людей, терпящих бедствие (ЛТБ)")
  (начальные-этапы [igis_00573]))
```

Рис. 1. Пример описания представителя класса.

После завершения отладки и тестирования онтологии и сценариев идентификации поисковых ситуаций они подключаются к экспертной системе, которая в соответствии с правилами, заложенными в базу знаний при подготовке сценариев, осуществляет идентификацию тактических ситуаций на основании данных (фактов), поступающих из формализованных донесений и нормативно-справочной базы данных.

Идентифицированная поисковая ситуация подается на вход блока идентификации гипотезы для заданной ситуации поиска.

Идентификация гипотезы поисковой ситуации

Входной информацией для блока идентификации гипотез служит идентифицированная на первом этапе поисковая ситуация. Гипотеза является подклассом выявленной поисковой ситуации, ее частным случаем.

Идентификация гипотез для поисковой ситуации также осуществляется на основании экспертных знаний. Для этого необходимо для каждой поисковой

ситуации, описанной в репозитории ситуаций разработать репозиторий гипотез и репозиторий сценариев для идентификации гипотезы.

Методики разработки репозитариев гипотез и сценариев для идентификации гипотез аналогичны методикам для идентификации поисковых ситуаций.

Экспертная система после выполнения сценария идентификации поисковой ситуации подает ее на вход сценария идентификации гипотезы поисковой ситуации. Идентификация гипотезы поисковой ситуации осуществляется на основании правил, определенных в сценарии и данных (фактов), поступающих из формализованных донесений и нормативно-справочной базы данных.

На основании выбранной экспертной системой гипотезы поисковой ситуации производится выбор шаблона (образца) XML документа донесения, распоряжения, предложения и т.п. и заполнение его данными в соответствии с тактической ситуацией и моделью ее гипотезы.

4. Алгоритм анализа ситуации

В качестве метода для оценки и анализа возможных ситуаций используем метод иммунокомпьютинга (ИК), базирующийся на аналогии обработки информации молекулами белков и иммунными сетями [6].

Принципиальная разница между ИК и другими методами заключается в отождествлении функций базовых понятий этих методов с их биологическими прототипами и математическими моделями. К примеру, если искусственный нейрон считается пороговым сумматором, соединенным с другими строго фиксированными нейронами, то базовые принципы ИК совсем другие. Основной принцип — это свободное связывание базовых элементов ИК (*формальных протеинов*) в рамках *формальной иммунной сети* (ФИС).

В качестве нового типа вычислений ИК предлагает следующие новые подходы к задачам ИИ:

- распознавание образов и анализ данных на основе аналогии с принципами молекулярного узнавания;
- представление языков и вывод решений задач на основе аналогий между словами и биомолекулами;
- моделирование природных и технических систем на основе аналогии с принципами взаимодействий между биомолекулами.

Для реальных задач исходные данные в самом общем случае являются многомерными и могут быть представлены массивами (векторами) вещественных чисел. Одной из основных особенностей ИК-алгоритма распознавания образов является проекция данных в пространство ФИС.

Используя такое преобразование, рассмотрим описание (в псевдокоде) базового ИК-алгоритма распознавания образов.

Обучение системы распознавания // отображение данных в пространство ФИС

```
{
    Получить обучающую выборку;
    Сформировать обучающую матрицу;
    Выполнить сингулярное разложение обучающей матрицы;
}
```

Распознавание // классификация данных в пространстве ФИС

```

{
  Получить вектор ситуации; //образ
  Отобразить вектор в пространство ФИС;
  Найти ближайшую точку ФИС;
  Присвоить вектору класс ближайшей точки ФИС;
}

```

Рассмотрим краткое описание этого ИК-алгоритма в строгих математических терминах.

Распознавание образов

Определим *образ* как n -мерный вектор-столбец $X = [x_1, \dots, x_n]^T$, где x_1, \dots, x_n – вещественные числа и « T » – символ матричного транспонирования.

Определим *распознавание образов* как отображение $f(X) \rightarrow \{1, \dots, c\}$ любого образа X , где целые числа $1, \dots, c$ представляют собой метки *классов*.

Задача распознавания образов может быть сформулирована следующим способом.

Дано:

- число классов c ;
- набор из m обучающих образов: X_1, \dots, X_m ;
- класс любого обучающего образа: $f(X_1) = c_1, \dots, f(X_m) = c_m$;
- произвольный n -мерный вектор P .

Найти:

класс вектора P : $f(P) = ?$

Обучение

1. Сформировать обучающую матрицу $A = [X_1, \dots, X_m]^T$ размерности $m \times n$.

2. Вычислить максимальное сингулярное число s , а также левый и правый сингулярные векторы L и R обучающей матрицы по следующей итеративной (*эволюционной*) схеме:

$$\begin{aligned}
 L_{(0)} &= [1 \dots 1]^T, \\
 R^T &= L_{(k-1)}^T A, \quad R_{(k)} = R/|R|, \quad \text{где } |R| = \sqrt{r_1^2 + \dots + r_n^2}, \\
 L &= AR_{(k)}, \quad L_{(k)} = L/|L|, \quad \text{где } |L| = \sqrt{l_1^2 + \dots + l_m^2}, \\
 s_{(k)} &= L_{(k)}^T AR_{(k)}, \quad k = 1, 2, \dots
 \end{aligned} \tag{1}$$

пока не будет выполняться условие $|s_{(k)} - s_{(k-1)}| < \varepsilon$,

$s = s_{(k)}$, $L = L_{(k)}$, $R = R_{(k)}$.

3. Хранить сингулярное число s .

4. Хранить правый сингулярный вектор R .

5. Для всякого $i = 1, \dots, m$ хранить компоненту l_i левого сингулярного вектора L и класс c_i , соответствующий обучающему образу X_i .

Распознавание

1. Для всякого n -мерного образа P вычислить его *энергию связи* с R :

$$w(P) = \frac{P^T R}{s} \quad (2)$$

(напомним, что s – вычисленное сингулярное число, а R – вычисленный правый сингулярный вектор обучающей матрицы A).

2. Выбрать компоненту l_i , которая имеет минимальное расстояние (максимальное *сродство*) с w :

$$\min_i |w - l_i|, \quad i = 1, \dots, m. \quad (3)$$

3. Считать класс c_i искомым классом образа P .

Используя базовый ИК-алгоритм распознавания образов рассмотрим описание (в псевдокоде) разработанного алгоритма для распознавания ситуации поиска.

```
//Модуль стандартного интерфейса
```

```
Формирование модели предметной области СП
{
    Определить множества параметров СП;
    Определить порядкового номера параметров СП //вектор
параметров;
    Сформировать обучающую матрицу;
}
```

```
//Модуль "Поиск"
```

```
Обучение //отображение данных в пространство ФИС
{
    Получить обучающую матрицу;
    Вычислить СР обучающей матрицы;
    Хранить 3 первых сингулярных числа и соответствующих
вектора;
}
```

```
Распознавание //классификация данных в пространстве ФИС
{
    Получить вектор параметров СП; // образ
    Спроектировать образ в точку ФИС [w1,w2,w3] по формуле (2);
    Найти n ближайших точек ФИС; //n задается в
модуле интерфейса
    Определить коды СП для данных точек; //классы СП
    Определить вероятности СП для каждой точек;
    Передать результаты в модуль интерфейса;
}
```

Приведенный ИК-алгоритм может использоваться не только для распознавания ситуаций поиска, но также и для какой-либо иной предметной области. Для этого задача распознавания должна быть описана в модуле типового интерфейса в виде, представленном выше.

5. Заключение

Приложение технологий искусственного интеллекта значительно увеличивает потенциал реализации РС в реальных системах, однако практическая реализация данной идеи не ограничена методами, рассмотренными в данной статье. Множество проблем, связанных с реализацией механизмов гармонизации, информационной интеграции и слияния, приложения ГИС-технологий к созданию сложных распределенных систем, остались вне нашего обсуждения. Следует отметить, что вышеупомянутые проблемы представляют особый интерес при реализации концепции JDL модели в реальных системах.

Рассмотренный в статье случай ориентирован, главным образом, на решение специфического (с практической точки зрения) класса задач поиска, очевидный интерес представляет реализация упомянутых технологий для более широкого класса проблем, включая системы мониторинга различного масштаба и направленности.

Литература

1. *Eriksson, H.* Using JessTab to integrate Protégé and Jess // IEEE Intelligent Systems. Vol. 18, N. 2. P. 43–50.
2. *Forgy, C.* Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/ Many Object Pattern Match Problem // Artificial Intelligence. 1982, Vol. 19. P. 17–37.
3. *Mahler, R.* The Levels 2, 3, 4 Fusion Challenge: Fundamental Statistics // 6th Intern. Conference on Information Fusion: Proceedings Stockholm. 2004. Vol. 1. P.535–536.
4. *Popovich, V. V., Ivakin, Y. A., Shaida, S. S.* Theory of search for moving objects: Proceedings of the International Conference “Oceans 2002”, Biloxi, Mississippi, 2002. P. 1362–1375.
5. *Popovich, V. V., Potapichev, S. N., Sorokin, R. P., Pankin, A. V.* Intelligent GIS for Monitoring Systems Development: Proceedings of CORP2005, 2005 (University of Technology Vienna).
6. *Tarakanov, A. O., Skormin, V. A., Sokolova, S. P.* Immunocomputing: Principles and Applications. New York, Springer, 2003.
7. *White, Franklin E.* A Model for Data Fusion: Proceedings of the First National Symposium on Sensor Fusion, Vol. 2. Chicago, 1988. P. 143–158. (IIT Research Institute)
8. *Steinberg, A. N. and Bowman, C. L.* Rethinking the JDL data fusion model: Proceedings of the MSS National Symposium on Sensor and Data Fusion. 2004. Vol. 1.
9. *Steinberg, A. N., Bowman, C. L. and White, F. E.* Revisions to the JDL Model: Joint NATO/IRIS Conference Proceedings, Quebec, October, 1998 and in Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications, Proceedings of the SPIE. 1999. Vol. 3719.
10. *Matheus, C. J., Kokar, M. M. and Baclawski, K.* A Core Ontology for Situation Awareness: Proceedings of the 6th International Conference on Information Fusion, Cairns, Queensland, Australia, 2003.
11. *Endsley, M. R.* Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // Human Factors. 1995. Vol. 37, N. 1. P. 32–64.
12. *Baclawski, K., Kokar M., Matheus C. J., Letkowski, J., Malczewski, M.* Formalization of Situation Awareness: Proceedings of Eleventh OOPSLA Workshop on Behavioral Semantics. 2002. P. 1–15
13. *Briggs, P.* Situation Awareness. Defence Situation Awareness Seminar, DSTO Salisbury, 1998.
14. *Постелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.