

УДК 004.9

Е.Н. ЛЯШЕНКО

Херсонський національний технічний університет

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

В работе предложена методология разработки онтологической модели представления знаний в интеллектуальной системе управления процессами ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного характера с уровнем детализации, обеспечивающим наиболее полное представление оперативной, тактической и стратегической картины чрезвычайных ситуаций.

Построена формальная модель, являющаяся основой для представления знаний в области предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. В качестве базового логического формализма для представления знаний предложено использовать язык дескрипционной логики ALC и его расширения, обладающие свойствами разрешимости и полноты, и являющиеся компромиссом между выразительной мощностью и разрешимостью формальной системы.

Доказано, что разработанная модель может быть использована руководителями различных органов управления при принятии решений о проведении мероприятий относительно противодействия чрезвычайным ситуациям в условиях неопределенности и неполноты информации о чрезвычайных ситуациях независимо от сценариев их развития.

Ключевые слова: онтологическая модель, чрезвычайные ситуации, дескрипционная логика, формальная система, интеллектуальная система.

О.М. ЛЯШЕНКО

Херсонський національний технічний університет

ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ПОДАННЯ ЗНАНЬ В ІНТЕЛЛЕКТУАЛЬНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

В роботі запропоновано методологію розробки онтологічної моделі подання знань в інтелектуальній системі управління процесами ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру з рівнем деталізації, що забезпечує найбільш повне уявлення про оперативну, тактичну і стратегічну картини надзвичайних ситуацій.

Побудована формальна модель є основою для подання знань в галузі попередження й ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. В якості базового логічного формалізму для подання знань запропоновано використати мову дескрипційної логіки ALC та її розширення, які мають властивості розв'язання та повноти, і є компромісом між виразною потужністю й вирішуваністю формальної системи.

Доведено, що розроблена модель може бути використана керівниками різних органів управління при прийнятті рішень про проведення заходів щодо протидії надзвичайним ситуаціям в умовах невизначеності та неповноти інформації про надзвичайні ситуації незалежно від сценаріїв їх розвитку.

Ключові слова: онтологічна модель, надзвичайні ситуації, дескрипційна логіка, формальна система, інтелектуальна система.

O.N. LIASHENKO

Kherson National Technical University

KNOWLEDGE REPRESENTATION ONTOLOGICAL MODEL IN INTELLECTUAL CONTROL SYSTEM FOR ELIMINATING CONSEQUENCES OF NATURAL EMERGENCIES

The methodology of developing the ontological model of representation of knowledge in intellectual system, which manages the processes of eliminating the natural emergencies consequences, has been proposed. The level of detalization provides the most complete representation of the operational, tactical and strategic vision of emergencies.

A formal model, which is the basis for presenting knowledge in the field of prevention and response to emergencies, has been built.

The language of ALC descriptive logic and its extensions, which have the properties of solvability and completeness and are a compromise between the expressive power and the solvability of the formal system, have been suggested to use as a basic logical formalism for knowledge representation.

It is proved that the developed model can be used by the heads of various management bodies when making decisions about counteracting the emergencies in a context of uncertainty and incompleteness of the information on emergency situations, regardless of their scenarios.

Keywords: ontological model, emergency situations, descriptive logic, formal system, intellectual system.

Постановка проблеми

Согласно [1] в 2017 году на территории Украины сохраняется высокий уровень угрозы чрезвычайных ситуаций природного характера (ЧСПХ). Наибольшую опасность представляют ЧС, связанные с пожарами в природных экосистемах, в первую очередь – лесные пожары.

Важную роль в снижении тяжести последствий от пожаров играет правильность и обоснованность управленческих решений, принимаемых руководителями различных подразделений и формирований в процессе ликвидации последствий ЧСПХ.

Следует отметить, что решения по ликвидации последствий ЧСПХ зачастую принимаются в различных трудно предсказуемых нештатных ситуациях. А влияние факторов неопределенности и неполноты информации о ЧСПХ, приводит к вынужденному, технически и экономически неоправданному резервированию сил и средств, необходимых для ликвидации последствий ЧСПХ [2].

Кроме того, чем выше сложность и масштаб ЧСПХ, тем труднее получить информацию, необходимую для прогнозирования последствий и оценки обстановки сразу же после возникновения источника ЧСПХ, с целью принятия решений о проведении мероприятий относительно противодействия ЧСПХ независимо от сценариев ее развития.

Поэтому в условиях возникновения крупномасштабных ЧСПХ необходимо максимально использовать опыт и знания экспертов в области ликвидации последствий ЧСПХ. Такие опыт и знания могут быть аккумулированы в интеллектуальной системе управления процессами ликвидации последствий ЧСПХ по средствам использования онтологической модели с уровнем детализации, обеспечивающим наиболее полное представление оперативной, тактической и стратегической картины о ЧСПХ.

Таким образом, разработка онтологической модели представления знаний в области ликвидации последствий ЧСПХ, которая позволит формализовать экспертные знания о предметной области и предоставит возможность повторного их использования различными участниками процесса ликвидации ЧСПХ, является важной и актуальной научно-практической проблемой.

Анализ последних исследований и публикаций

В настоящее время в области инженерии знаний понятие онтологии рассматривается с разных точек зрения [3-7]. В первую очередь, это связано с разнообразием практических задач, решаемых с использованием онтологий.

Так, в работе [3] сформулировано следующее определение онтологии: «Онтология – это точная спецификация концептуализации». Под «концептуализацией» здесь понимается описание множества понятий (концептов) предметной области, знаний о них и связях (отношениях) между ними на некотором формальном языке, ориентированном на компьютерное представление.

В работе [4] приведены следующие интерпретации понятия «онтология»:

1. Онтология как неформальная концептуальная система. В данной интерпретации онтология рассматривается как концептуальная система, которая используется в качестве основы для некоторой базы знаний (БЗ).

2. Онтология как формальная семантика. Согласно данной интерпретации онтология, лежащая в основе БЗ, служит для формального представления семантики входящих в нее терминов.

3. Онтология как спецификация концептуализации. В данной интерпретации онтология рассматривается как подробная спецификация структуры определенной предметной области. Онтология включает в себя словарь (список логических констант и предикатных символов) для описания предметной области и набор логических высказываний, формулирующих существующие в данной предметной области ограничения и определяющих интерпретацию словаря. Таким образом, онтология предлагает словарь для представления и обмена знаниями и набор связей и свойств, которые определены между имеющимися в ее словаре неделимыми сущностями.

4. Онтология как представление концептуальной системы через логическую теорию. Согласно данной интерпретации онтология представляет собой логическую теорию.

5. Онтология как словарь терминов, используемый логической теорией. В данной интерпретации онтология рассматривается не как логическая теория, а как словарь терминов, используемый логической теорией.

6. Онтология как спецификация логической теории на метауровне. В данной интерпретации онтология рассматривается как спецификация логической теории на метауровне, в том смысле, что она определяет «архитектурные компоненты» (или «примитивы»), используемые в рамках конкретной теории предметной области.

В работе [5] авторы рассматривают онтологию как формальную спецификацию разделяемой концептуальной модели. Под «Концептуальной» моделью здесь подразумевается абстрактная модель предметной области, описывающая ее систему понятий. Под термином «Разделяемая» подразумевается согласованное понимание концептуальной модели группой людей, совместно решающих некоторый класс задач. Под термином «Спецификация» подразумевается описание системы понятий в явном виде на естественном языке. Термин «Формальная» подразумевает, что концептуальная модель задана на формализованном языке.

В работе [6] под онтологией понимается база знаний (БЗ) специального типа, которая может «читаться» и пониматься, отчуждаться от разработчика или физически разделяться ее пользователями.

В настоящее время существует множество различных критериев классификации онтологий, среди которых можно выделить 3 основных: назначение, формальность и выразительность (рис.1).



Рис. 1. Классификация онтологий

По критерию назначения в работах [6,7] онтологии классифицируют следующим образом:

1. Онтологии верхнего уровня (top-level ontology). Содержат описания общих понятий (концептов), которые не связаны с конкретными предметными областями.

2. Онтологии предметных областей (domain ontology). Содержат описания понятий определенной предметной области.

3. Онтологии задач (task ontology). Описывают конкретные задачи, процессы или деятельность в рамках определенной предметной области и используют словарь терминов, введенный в онтологии предметной области.

4. Онтологии приложений (application ontology). Содержат необходимые в конкретном приложении понятия, которые зависят как от онтологии задач, так и от онтологии предметной области.

По критерию формальности выделяют следующий спектр онтологий [8,9]:

1. Неформальные онтологии, выраженные на любом естественном языке (украинском, английском и т.д.). Примером такой онтологии может служить глоссарий терминов на естественном языке.

2. Полуформальные онтологии на упрощенном естественном языке. Они описываются на ограниченном по структуре и словарю естественном языке, что значительно уменьшает многозначность определений, свойственную естественному языку.

3. Полуформальные онтологии на искусственном языке. Для описания онтологии используется искусственный, формально определенный язык, в результате чего онтология может использоваться в работе программных систем.

4. Формальные онтологии. Описываются на формальном языке с явно определенным синтаксисом и семантикой и обладающим свойствами непротиворечивости и полноты.

По критерию выразительности в работах [8,10] онтологии классифицируют следующим образом (в порядке возрастания выразительности):

1. Иерархии понятий (таксономии). Представляют собой множество понятий с заданным между ними отношением «родитель-потомок», которое упорядочивает понятия в иерархию - таксономию.

2. Тезаурусы. Выразительность онтологии возрастает, если к описанию понятий, организованных в виде иерархии (таксономии), добавить дополнительно взаимосвязи (отношения) с другими понятиями предметной области. Набор вводимых отношений зависит от решаемой задачи и предметной области.

3. Понятийные структуры с произвольным набором отношений. В таких онтологиях перечень возможных отношений не регламентирован, можно вводить сколько угодно отношений, и для этих отношений не регламентируется ни область определения (возможные субъекты отношений), ни область значений (возможные объекты отношений).

4. Полностью аксиоматизированные теории. Для каждого понятия в такой онтологии дано определение в терминах других понятий. Для каждого отношения задана область определения и область значения и дополнительно могут быть заданы правила использования отношения. Такие онтологии наиболее точно описывают требуемую предметную область и уменьшают количество непреднамеренных моделей при формализации онтологии с использованием логического языка.

Формулировка цели исследования

Целью статьи является разработка онтологической модели представления знаний в интеллектуальной системе управления процессами ликвидации последствий ЧСПХ с уровнем детализации, обеспечивающим наиболее полное представление оперативной, тактической и стратегической картины ЧСПХ.

Разрабатываемая онтологическая модель позволит аккумулировать знания и опыт экспертов в области ликвидации последствий ЧСПХ с целью повторного их использования различными участниками процесса ликвидации ЧСПХ.

Изложение основного материала

В основе разработки онтологической модели представления знаний в области ликвидации последствий ЧСПХ лежат следующие принципы проектирования и реализации онтологий: ясность, согласованность, расширяемость, минимум влияния кодирования и минимум онтологических обязательств. Подробное описание данных принципов приведено в работах [3,6].

Процесс разработки онтологической модели включает в себя четыре основных этапа: спецификацию, концептуализацию, формализацию и реализацию.

Рассмотрим далее каждый из этапов более подробно.

Спецификация. На этапе спецификации определяются предметная область, масштаб онтологической модели, цели ее создания, основные классы задач, решаемые с помощью онтологии и ресурсы, необходимые для их выполнения. Кроме того, одной из важных задач на этапе спецификации является создание терминологического словаря предметной области.

Таким образом, разрабатываемая онтологическая модель, прежде всего, будет содержать структурированный иерархический словарь терминов, включающий полное описание системы понятий исследуемой предметной области с заданными взаимосвязями (отношениями) между понятиями.

Онтология, описывающая иерархическую таксономию терминов предметной области и их свойства с заданными ограничениями, образует базу знаний (БЗ) экспертов в области предупреждения и ликвидации последствий ЧСПХ.

Целью создания онтологической модели является аккумулирование экспертных знаний и опыта в области предупреждения и ликвидации последствий ЧСПХ с целью повторного их использования при решении задач тактической подготовки пожарно-спасательных подразделений и специализированных формирований, предварительной разработки ситуационных планов действий по ликвидации последствий ЧСПХ, планов мобилизации и координационного взаимодействия сил и средств, привлекаемых для ликвидации последствий ЧСПХ, а также определения потребности в финансовых и материально-технических ресурсах в случае возникновения крупномасштабных ЧСПХ.

К основным задачам, решаемым с помощью онтологической модели можно отнести:

1. Использование единого структурированного иерархического словаря терминов предметной области руководителями различных органов управления в условиях возникновения ЧСПХ.

2. Накопление экспертных знаний в области ликвидации последствий ЧСПХ и совместное их использование руководителями различных пожарно-спасательных подразделений и специализированных формирований при угрозе возникновения ЧСПХ с целью сохранения жизни и здоровья людей, а также минимизации материальных потерь.

3. Описание экспертных знаний при помощи формального языка, ориентированного на компьютерное представление, что предоставляет возможность повторного использования

разрабатываемой онтологической модели, ее интеграцию с уже существующими онтологиями, а также ее расширения при изменении знаний об исследуемой предметной области.

4. Анализ экспертных знаний и использование результатов анализа для разработки планов реагирования на угрозу возникновения конкретной ЧСПХ.

Представление явных экспертных знаний в виде онтологической модели обладает рядом преимуществ. Во-первых, реализуется принцип системности, так как формируется целостный взгляд на предметную область.

Во-вторых, использование единого структурированного иерархического словаря терминов предметной области и совокупность явным образом выраженных предположений относительно семантики этих терминов позволит избежать проблемы семантической интероперабельности накопленных знаний в случае их совместного использования различными участниками процесса ликвидации ЧСПХ.

Под семантической интероперабельностью понимается способность любых взаимодействующих в процессе коммуникации сущностей одинаковым образом понимать смысл информации, которой они обмениваются [11]. Семантическая интероперабельность реализуется в онтологической модели путем установления соответствия между используемыми терминами.

В-третьих, онтологическая модель позволяет формализовать имеющиеся экспертные знания о предметной области, что предоставляет возможность повторного их использования различными участниками процесса ликвидации ЧСПХ.

Концептуализация. Под концептуализацией в работе [12] понимается абстрактный, упрощенный взгляд на мир, который используется людьми для решения некоторого класса задач. В той же работе приведено формальное описание понятия «концептуализация».

Согласно [12] концептуализация - это кортеж вида (D, R) , где D - представляет собой множество понятий (концептов) предметной области, а R - множество отношений на D .

Под понятием (концептом) предметной области понимается любая сущность, о которой может быть известна какая-либо информация.

В рамках этапа концептуализации понятия исследуемой предметной области описываются при помощи классов, отношений (ролей), аксиом и утверждений (фактов).

Классы - это абстрактные группы, множества или наборы объектов. Они могут включать в себя экземпляры, другие классы, либо же сочетания и того, и другого. Классы в онтологиях организованы в таксономию - иерархическую классификацию понятий предметной области.

Например, классы «ЧС, связанные с лесными пожарами», «ЧС, связанные со степными пожарами», «ЧС, связанные с полевыми пожарами (на сельскохозяйственных угодьях)», «ЧС, связанные с пожарами на торфяниках» являются подклассами класса «ЧС, связанные с пожарами в природных экосистемах», который в свою очередь включен в класс «ЧС природного характера».

Фрагмент иерархической таксономии классов предметной области приведен на рис. 2.

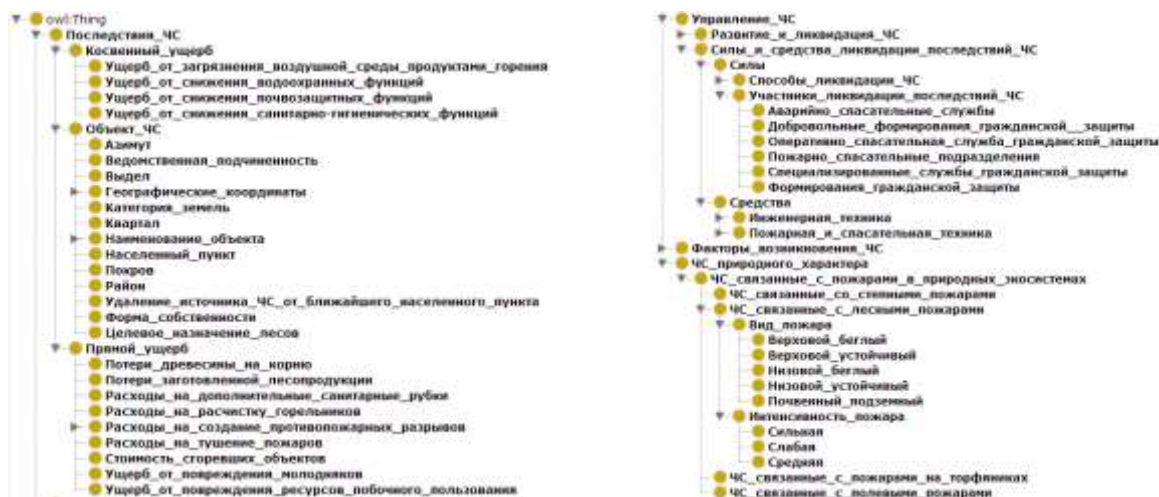


Рис. 2. Фрагмент иерархической таксономии классов

Формализация. Этап формализации предполагает представление концептуальной модели предметной области на формальном языке дескрипционной логики (ДЛ) ALC (Attributive Language with Complement).

Описание синтаксиса логики ALC включает определение атомарных символов (концептов, ролей, аксиом) и множества конструкторов, с помощью которых из атомарных символов строятся составные концепты и роли. Атомарность концепта подразумевает, что он не может быть описан через другие концепты с применением заданных конструкторов.

В соответствии с [13,14] множество концептов логики ALC задается при помощи следующих синтаксических правил:

- выражения \top и \perp являются концептами (соответственно истина и ложь);
- всякий атомарный концепт A является концептом;
- если C - концепт, то $\neg C$ - также концепт (дополнение концепта C);
- если C и D - концепты, то выражения $C \sqcap D$ и $C \sqcup D$ - также концепты (соответственно пересечение и объединение концептов C и D);
- если C - концепт, а R - атомарная роль, то $\exists R.C$ и $\forall R.C$ - также концепты (соответственно экзистенциальное и универсальное ограничение);
- $(\leq nR)$ и $(\geq nR.C)$ - численные ограничения на роли;
- никакие другие выражения не являются концептами.

Таким образом, синтаксис для концептов логики ALC можно представить следующим образом:

$$\top \mid \perp \mid A \mid \neg C \mid C \sqcap D \mid C \sqcup D \mid \exists R.C \mid \forall R.C \mid (\leq nR) \mid (\geq nR.C), \quad (1)$$

где A - атомарный концепт, R - атомарная роль, C и D - произвольные концепты.

Зададим набор основных концептов логики ALC, которые будут отображать следующие знания о предметной области:

Natural_Emergency (ЧС, природного характера), *NE_Forest_Fire* (ЧС, связанные с лесными пожарами), *NE_Object* (Объект ЧС), *Form_Ownership* (Форма собственности), *Departmental_Affiliation* (Ведомственная подчиненность), *Area* (Район), *Locality* (Населенный пункт), *NE_Azimuth* (Азимут), *NE_Kvartal* (Квартал), *NE_Vydel* (Выдел), *Purpose_Forests* (Целевое назначение лесов), *Land_Category* (Категория земель), *Cover* (Покров), *NE_Management* (Управление ЧС), *NE_Elimination_Forces* (Силы ликвидации последствий ЧС), *NE_Elimination_Means* (Средства ликвидации последствий ЧС), *Engineering_Technique* (Инженерная техника), *Type_Forest_Fire* (Вид пожара), *Intensity_Forest_Fire* (Интенсивность пожара), *NE_Factors* (Факторы возникновения ЧС), *NE_Meteorological* (Метеорологические факторы), *NE_Anthropogenic* (Антропогенные факторы), *Object_Name* (Наименование объекта), *NE_Geo_Coordinates* (Географические координаты), *NE_Consequences* (Последствия ЧС), *NE_Direct_Damage* (Прямой ущерб), *NE_Indirect_Damage* (Косвенный ущерб), *NE_Development_Eliminating* (Развитие и ликвидация ЧС), *NE_Elimination_Participants* (Участники ликвидации последствий ЧС), *NE_Elimination_Ways* (Способы ликвидации ЧС), *Fire_And_Rescue_Equipment* (Пожарная и спасательная техника), *Engineering_Technique* (Инженерная техника), *ODV_Means* (Средства преодоления разрушений и препятствий), *Water_Barriers_Means* (Средства преодоления водных преград), *Mechanization_Means* (Средства механизации дорожных, подъёмных и землеройных работ), *Special_Equipment* (Специальная техника), *Aviation* (Авиация).

Введенный набор концептов предоставляет возможность для создания онтологии в области предупреждения и ликвидации последствий ЧСПХ.

Для описания взаимосвязей между концептами введем бинарные отношения (роли) - *Has* (Имеет) и *Contains* (Содержит).

Построим для концептов логики ALC следующие бинарные отношения:

Для концепта *NE_Forest_Fire* - *Has* (*NE_Forest_Fire*, *Type_Forest_Fire*), *Has* (*NE_Forest_Fire*, *Intensity_Forest_Fire*), *Has* (*NE_Forest_Fire*, *NE_Factors*), *Has* (*NE_Forest_Fire*, *NE_Consequences*).

Для концепта *NE_Factors* - *Has* (*NE_Factors*, *NE_Meteorological*), *Has* (*NE_Factors*, *NE_Anthropogenic*).

Для концепта *NE_Object* - *Has* (*NE_Object*, *Object_Name*), *Has* (*NE_Object*, *Form_Ownership*), *Has* (*NE_Object*, *Departmental_Affiliation*), *Has* (*NE_Object*, *Area*), *Has* (*NE_Object*, *Locality*), *Has* (*NE_Object*, *NE_Geo_Coordinates*), *Has* (*NE_Object*, *NE_Azimuth*), *Has* (*NE_Object*, *NE_Kvartal*), *Has* (*NE_Object*, *NE_Vydel*), *Has* (*NE_Object*, *Purpose_Forests*), *Has* (*NE_Object*, *Land_Category*), *Has* (*NE_Object*, *Cover*).

Для концепта *NE_Consequences* - *Has* (*NE_Consequences*, *NE_Direct_Damage*), *Has* (*NE_Consequences*, *NE_Indirect_Damage*).

Для концепта *NE_Management* - *Contains* (*NE_Management*, *NE_Development_Eliminating*), *Contains* (*NE_Management*, *NE_Elimination_Forces*), *Contains* (*NE_Management*, *NE_Elimination_Participants*), *Contains* (*NE_Management*, *NE_Elimination_Ways*), *Contains* (*NE_Management*, *NE_Elimination_Means*).

Для концепта *NE_Elimination_Means* - *Contains (NE_Elimination_Means, Fire_And_Rescue_Equipment)*, *Contains (NE_Elimination_Means, Engineering_Technique)*.

Для концепта *Engineering_Technique* - *Contains (Engineering_Technique, ODB_Means)*, *Contains (Engineering_Technique, Water_Barriers_Means)*, *Contains (Engineering_Technique, Mechanization_Means)*, *Contains (Engineering_Technique, Special_Equipment)*, *Contains (Engineering_Technique, Aviation)*.

Семантика логики ALC задается с помощью понятия интерпретации. Интерпретацией I называется пара $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, состоящая из непустого множества Δ^I , называемого областью данной интерпретации, и интерпретирующей функции \cdot^I , которая сопоставляет:

– каждому атомарному концепту $A \in CN$ - произвольное подмножество $A^I \subseteq \Delta^I$, где $CN = \{A_1, \dots, A_m\}$ - конечное непустое множество атомарных концептов (называемых также именами концептов);

– каждой атомарной роли $R \in RN$ - произвольное подмножество $R_A^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$, где $RN = \{R_1, \dots, R_n\}$ - конечное непустое множество атомарных ролей (называемых также именами ролей).

Интерпретирующая функция \cdot^I однозначно и индуктивно распространяется на множество всех концептов логики ALC согласно следующим правилам [13,14]:

$$\begin{aligned}
 \top^I &= \Delta^I, \\
 \perp^I &= \emptyset, \\
 (\neg A)^I &= \Delta^I \setminus A^I, \\
 (C \sqcap D)^I &= C^I \cap D^I, (C \sqcup D)^I = C^I \cup D^I, \\
 (\forall R. C)^I &= \{a \in \Delta^I \mid \forall b. (a, b) \in R^I \rightarrow b \in C^I\}, \\
 (\exists R. \top)^I &= \{a \in \Delta^I \mid \exists b. (a, b) \in R^I\}, \\
 (\geq nR)^I &= \{a \in \Delta^I \mid |\{b \mid (a, b) \in R^I\}| \geq n\}, \\
 (\leq nR)^I &= \{a \in \Delta^I \mid |\{b \mid (a, b) \in R^I\}| \leq n\}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Концепты логики ALC представляют собой инструмент для описания знаний предметной области. Эти знания подразделяются на общие знания о понятиях и их взаимосвязях (интенциональные знания) и знания об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами (экстенциональные знания).

В соответствии с этим делением, знания, записываемые с помощью языка логики ALC, подразделяются на [13,14]:

- набор терминологических аксиом (*TBox*);
- набор утверждений (фактов) об индивидах (*ABox*).

Для описания отношений между концептами в логике ALC используется следующий набор терминологических аксиом:

- концепты C и D называются эквивалентными ($C \equiv D$), если в любой интерпретации I имеется $C^I = D^I$;
- концепт C вложен в концепт D ($C \sqsubseteq D$), если в любой интерпретации I имеется $C^I \subseteq D^I$;
- концепты C и D называются непересекающимися, если в любой интерпретации I имеется $C^I \cap D^I = \emptyset$;
- концепт C выполним, если существует такая интерпретация I , что $C^I \neq \emptyset$, при этом I называется моделью концепта C .

Терминологией (*TBox*) называется произвольный конечный набор аксиом данного вида.

Для описания отношений между концептами введем следующие терминологические аксиомы:

$NE_Forest_Fire \sqsubseteq Natural_Emergency$, $Type_Forest_Fire \sqsubseteq NE_Forest_Fire$, $Intensity_Forest_Fire \sqsubseteq NE_Forest_Fire$, $NE_Factors \sqsubseteq Natural_Emergency$, $NE_Meteorological \sqsubseteq NE_Factors$, $NE_Anthropogenic \sqsubseteq NE_Factors$, $Object_Name \sqsubseteq NE_Object$, $Form_Ownership \sqsubseteq NE_Object$, $Departmental_Affiliation \sqsubseteq NE_Object$, $Area \sqsubseteq NE_Object$, $Locality \sqsubseteq NE_Object$, $NE_Geo_Coordinates \sqsubseteq NE_Object$, $NE_Azimuth \sqsubseteq NE_Object$, $NE_Kvartal \sqsubseteq NE_Object$, $NE_Vydel \sqsubseteq NE_Object$, $Purpose_Forests \sqsubseteq NE_Object$, $Land_Category \sqsubseteq NE_Object$, $Cover \sqsubseteq NE_Object$, $NE_Direct_Damage \sqsubseteq NE_Consequences$, $NE_Indirect_Damage \sqsubseteq NE_Consequences$, $NE_Development_Eliminating \sqsubseteq NE_Management$, $NE_Elimination_Forces \sqsubseteq NE_Development_Eliminating$, $NE_Elimination_Forces \sqsubseteq NE_Development_Eliminating$, $NE_Elimination_Participants \sqsubseteq NE_Development_Eliminating$, $NE_Elimination_Ways \sqsubseteq NE_Development_Eliminating$, $NE_Elimination_Means \sqsubseteq NE_Development_Eliminating$.

Терминологии позволяют описывать общие знания о концептах и ролях. Однако требуется также записать знания о конкретных индивидах, к какому классу (концепту) они принадлежат, какими отношениями они связаны друг с другом. Для этого в логике ALC применяется набор утверждений (фактов) об индивидах - *ABox* [14].

Системой фактов ($ABox$) называется конечное множество AB утверждений вида $a:C$ (утверждение о принадлежности индивида a к концепту C) и aRb (утверждение о связи двух индивидов a и b ролью R), где $ab \in IN$ - индивиды, IN - конечное множество имен индивидов.

Пусть a и b - объекты области интерпретации, т.е. $a^I \in \Delta^I$, $b^I \in \Delta^I$, тогда $C^I(a)$ означает, что объект a является экземпляром концепта C относительно интерпретации I , а $(a,b):R^I$ означает, что между объектами a и b относительно интерпретации I существует отношение R .

Введем следующие обозначения для индивидов (табл.1):

Таблица 1

Обозначения для индивидов

№	Концепт	Индивид	№	Концепт	Индивид
1	NE_Forest_Fire	ff	20	NE_Consequences	c
2	Type_Forest_Fire	tff	21	NE_Direct_Damage	dd
3	Intensity_Forest_Fire	iff	22	NE_Indirect_Damage	id
4	NE_Object	o	23	NE_Management	m
5	Object_Name	on	24	NE_Development_Eliminating	de
6	Form_Ownership	fo	25	NE_Elimination_Forces	ef
7	Departmental_Affiliation	da	26	NE_Elimination_Participants	ep
8	Area	ar	27	NE_Elimination_Ways	ew
9	Locality	loc	28	NE_Elimination_Means	em
10	NE_Geo_Coordinates	gc	29	Fire_And_Rescue_Equipment	fre
11	NE_Azimuth	az	30	Engineering_Technique	et
12	NE_Kvartal	kv	31	ODB_Means	odb
13	NE_Vydel	vy	32	Water_Barriers_Means	wbm
14	Purpose_Forests	pf	33	Mechanization_Means	mm
15	Land_Category	lc	34	Special_Equipment	se
16	Cover	cov	35	Aviation	av
17	NE_Factors	f			
18	NE_Meteorological	mf			
19	NE_Anthropogenic	af			

Тогда, согласно табл.1, получим следующий набор утверждений (фактов) об индивидах:

$Has(ff, tff)$, $Has(ff, iff)$, $Has(ff, f)$, $Has(ff, c)$, $Has(f, mf)$, $Has(f, af)$, $Has(o, on)$, $Has(o, fo)$, $Has(o, da)$, $Has(o, ar)$, $Has(o, Loc)$, $Has(o, gc)$, $Has(o, az)$, $Has(o, kv)$, $Has(o, vy)$, $Has(o, pf)$, $Has(o, lc)$, $Has(o, Cov)$, $Has(c, dd)$, $Has(c, id)$, $Contains(m, de)$, $Contains(m, ef)$, $Contains(m, ep)$, $Contains(m, ew)$, $Contains(m, em)$, $Contains(em, fre)$, $Contains(em, et)$, $Contains(et, odb)$, $Contains(et, wbm)$, $Contains(et, mm)$, $Contains(et, se)$, $Contains(et, av)$.

Набор терминологических аксиом $TBox$ и набор утверждений (фактов) об индивидах $ABox$ образуют базу знаний (БЗ) предметной области.

Реализация. Для практической реализации поставленных задач был выбран кроссплатформенный редактор онтологий Protégé-OWL.

Основными блоками онтологии OWL являются классы. Класс «Thing» является частью QWL-лексики и представляет собой набор, содержащий все объекты предметной области. Таким образом, все классы в онтологии являются подклассами класса «Thing».

Разрабатываемая онтологическая модель содержит 180 классов, которые описывают понятия предметной области. Все классы являются непересекающимися, т.е. они не имеют общих экземпляров.

Фрагмент онтологии в области ликвидации ЧСПХ приведен на рис. 3.

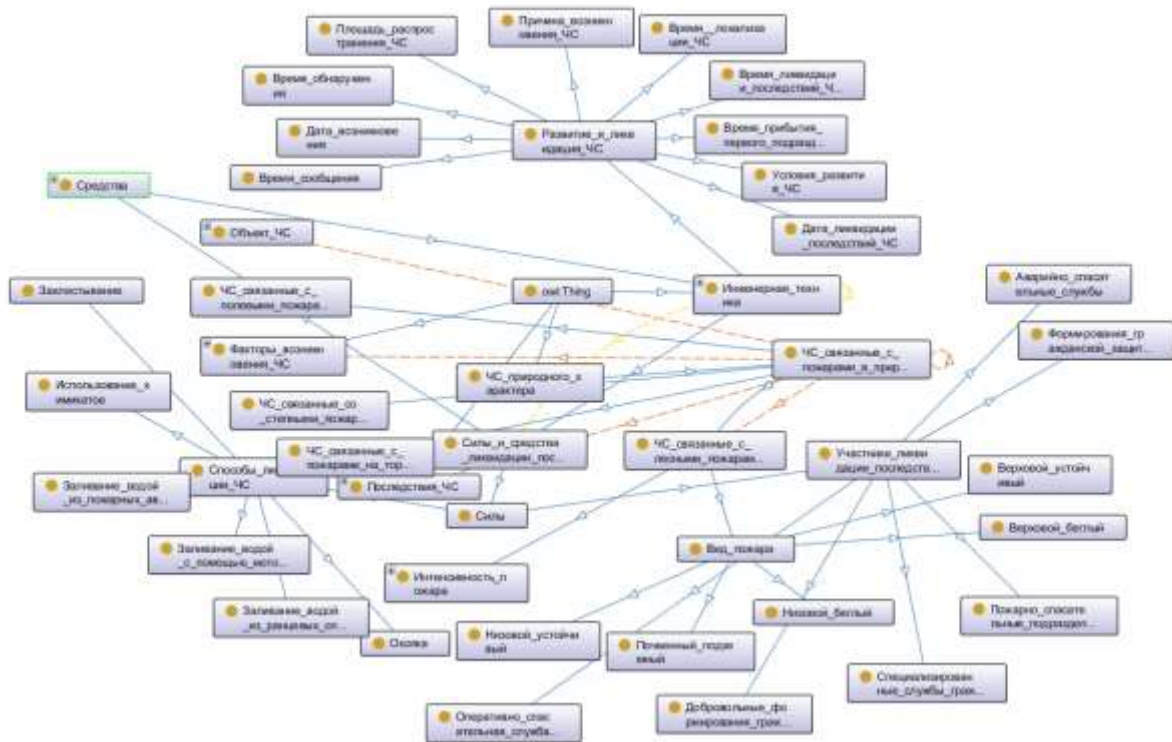


Рис. 3. Фрагмент онтологии в области ликвидации ЧСПХ

Выводы

В работе предложена методология разработки онтологической модели представления знаний в интеллектуальной системе управления процессами ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного характера с уровнем детализации, обеспечивающим наиболее полное представление оперативной, тактической и стратегической картины ЧСПХ.

Построена формальная модель, являющаяся основой для представления знаний в области предупреждения и ликвидации последствий ЧСПХ. В качестве базового логического формализма для представления знаний предложено использовать язык дескрипционной логики ALC и его расширения, обладающие свойствами разрешимости и полноты, и являющиеся компромиссом между выразительной мощностью и разрешимостью формальной системы.

Формальная модель ориентирована на компьютерное представление, что предоставит возможность повторного использования знаний в области ликвидации чрезвычайных ситуаций, интеграции модели с уже существующими онтологиями, а также ее расширения при изменении знаний об исследуемой предметной области.

На основе формальной модели предметной области в системе Protégé разработана онтология в области предупреждения и ликвидации последствий ЧСПХ.

Доказано, что разработанная модель может быть использована руководителями различных пожарно-спасательных подразделений и специализированных формирований при принятии решений о проведении мероприятий относительно противодействия ЧСПХ независимо от сценариев их развития в условиях неопределенности и неполноты информации о ЧСПХ.

Список использованной литературы

1. Інформаційно - аналітична довідка про виникнення НС в Україні протягом I кварталу 2017 року [Електронний ресурс] // режим доступу: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/61431.html>.
2. Абрамов А.П. Разработка и применение моделей поддержки управленческих решений при тушении пожаров на основе прецедентного подхода, дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.10 / А.П. Абрамов. - Москва. Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2004.-145 с.
3. Gruber Thomas R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. International Journal of Human-Computer Studies, Volume 43, Issue 5-6 Nov. / Dec. 1995, p. 907-928.
4. Guarino N. Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. In N. Mars, editor, Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing/ N. Guarino, P. Giarretta. - pages 25–32. IOS Press, Amsterdam, 1995.

5. Studer R. Knowledge engineering: Principles and methods. Data & Knowledge Engineering / R. Studer, R. Benjamins, D. Fensel. - 25(1-2):161–198, 1998.
6. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский Учебник для вузов. - СПб, Изд-во «Питер», 2000.
7. Гаврилова Т.А. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник/ Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев. Д.И. Муромцев. - СПб.: Издательство «Лань», 2016. -324 с.
8. Васильев А.П. Методы и инструментальные средства построения семантических web-порталов, дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.11 / А.П. Васильев. - Томск. Томский политехнический университет, 2005.-188 с.
9. Uschold M. Ontologies: principles, methods and applications/ M. Uschold, M. Gruninger. – Knowledge Engineering Review. – June 1996. – Volume 11(2). P.93-113.
10. Guarino N. Ontological analysis of taxonomic relationships/ N. Guarino, C. Welty. – Proceedings of ER-2000:The International Conference on Conceptual Modeling. October, 2000. Springer-Verlag LNCS.
11. Глоссарий по информационному обществу/Под общ. ред. Ю.Е. Хохлова. - М.: Институт развития информационного общества, 2009. – 160 с.
12. N. Guarino.What Is anOntology?/ N. Guarino, D. Oberle, S. Staab. - [Электронный ресурс] // режим доступа: http://iaoa.org/isc2012/docs/Guarino2009_What_is_an_Ontology.pdf
13. F.Baader. The description logic handbook. Theory, implementation, and applications/ F. Baader, D. Calvanese, D.L.McGuinness, D. Nardi, P.F. Patel-Schneider. – Cambridge University Press, 2003.- p.574.
14. Е. Золин. Дескрипционная логика. [Электронный ресурс]// режим доступа: <http://pcs.math.msu.su/~zolin/dl/>