

МОДИФИКАЦИЯ ОНТОЛОГИИ OWL-TIME И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЧЕБНОГО ПЛАНА

MODIFICATION OF THE OWL-TIME ONTOLOGY AND ITS APPLICATION IN THE SEMANTIC MODEL OF THE CURRICULUM

D. Kuzin
S. Turmaganbetova
A. Nazyrova
A. Mukanova

Summary: The aim of the study is to analyze the ontology of OWL-Time and refine it in order to increase expressiveness and functionality by identifying additional semantic relationships between concepts.

The research methods used by the authors include: descriptive logic, ontological modeling in OWL.

The result of the study is a modified ontology of OWL-Time and an example of its use for modeling the relationship between periods of study in an educational program.

In the conclusions of the study, the results of testing the finalized ontological model are formulated, the adequacy of the obtained results of logical inference is assessed in the form of a set of obtained relations between instances of concepts.

Keywords: ontological model, OWL-Time, semantics of time relations, Protégé.

Кузин Дмитрий Александрович

канд. техн. наук, доцент,
Сургутский государственный университет,
г. Сургут, Россия
kuzin_da@surgu.ru

Турмаганбетова Шынар Курмангалиевна

PhD, старший преподаватель,
НАО «Казахский агротехнический исследовательский
университет имени С. Сейфуллина»,
г. Астана, Казахстан
shynarkurmangalikyzy@gmail.com

Назырова Айжан Есболовна

Докторант,
Евразийский национальный университет
им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан
ayzhan.nazyrova_1@enu.kz

Муканова Асель Сериковна

доцент,
Международный университет Астана,
г. Астана, Казахстан
assel.mukanova@aiu.edu.kz

Аннотация. Целью исследования является анализ онтологии OWL-Time и ее доработка в целях повышения выразительности и функциональности путем определения дополнительных семантических отношений между концептами.

К методам исследования, используемым авторами, относятся: дескрипционная логика, онтологическое моделирование на языке OWL.

Результатом исследования является доработанная онтология OWL-Time и пример ее использования для моделирования отношений между периодами обучения образовательной программы.

В выводах исследования сформулированы результаты апробации доработанной онтологической модели, выполнена оценка адекватности полученных результатов логического вывода в виде набора полученных отношений между экземплярами концептов.

Ключевые слова: онтологическая модель, OWL-Time, семантика временных отношений, Protégé.

Введение

Semantic Web [1, 2] является одной из наиболее перспективных технологий для представления информации в системах управления знаниями. В основе данной технологии лежит принцип представления информации в виде семантической сети или онтологии — графа произвольной структуры, узлами которого являются концепты, а ребра — отношениями. Главной характеристикой этой технологии является внедрение семантики (смысла) представляемых данных в документ на уровне структуры. Таким образом, данные становятся не только машиночитаемыми но и «машинопонимаемыми», т.е. позволяют извлекать смысл непосредственно

из документа, без необходимости его интерпретации при помощи дополнительного ПО. Кроме того, онтологические модели обладают возможностью практически неограниченного расширения, в том числе за счет интеграции различных онтологий.

Семантические сети и онтологическое моделирование нашли свое применение и в сфере образования, в частности, для представления структуры образовательной программы и учебного плана [3]. При этом помимо моделирования структурных взаимосвязей между концептами, составляющими понятие учебного плана, возникает задача учета взаимоотношений этих концептов во временной области. Один из подходов

к решению этой задачи предлагается авторами данной статьи.

Представление временной информации в онтологическом моделировании

Время является неотъемлемой частью деятельности человека, поэтому при моделировании различных предметных областей возникает задача описания отношений между объектами, событиями, процессами и т.д. в контексте времени [4, 5]. Одной из наиболее распространенных моделей учета временных отношений является темпоральная алгебра Аллена [6]. Дж.Ф. Аллен определил набор из 13 качественных отношений, которые могут существовать между двумя временными интервалами. Алгебра Аллена ограничивается использованием отношений между периодами (отрезками, интервалами) времени и характеризуется мерой длительности временных отрезков.

OWL-Time (Онтология Времени) это спецификация языка онтологии логического вывода, предназначенная для управления и моделирования информации о временных событиях [7, 8]. С помощью спецификации OWL-Time можно исследовать объекты онтологии для получения информации о временных связях между ними. Спецификация предоставляет инструменты для создания и анализа календарных схем, а также описывает временные процессы. Она также может использоваться для вывода правильных временных утверждений и проверки их в различных рамках времени.

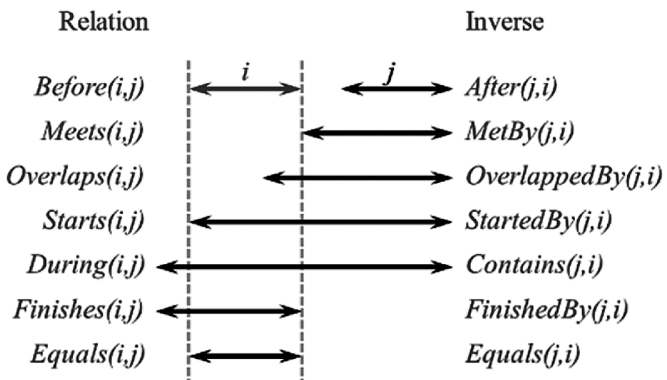


Рис. 1. Семантика интервальных отношений онтологии OWL-Time [7]

В основе базовой структуры онтологии OWL-Time лежит интервальная алгебра Аллена. В основе онтологии лежит класс TemporalEntity со свойствами hasBeginning и hasEnd, которые ссылаются на моменты времени, определяющие его пределы, и свойством hasTemporalDuration, описывающими его протяженность. Класс TemporalEntity имеет два подкласса — Interval (интервал) и Instant (момент времени). Класс Interval имеет один подкласс ProperInterval, который соответствует интервалу, где начало и конец интервала различны.

Отношения между интервалами являются ключевой частью онтологии OWL-Time. Семантика отношений понятна из их наименований и диаграммы, приведенной на рисунке 1. Помимо приведенных на рисунке 1, онтология содержит два дополнительных отношения: In (вхождение) — базовое отношение для During, Starts, Finishes и Disjoint (непересечение, дизъюнкция) — базовое отношение для Before и After). Полная иерархия отношений онтологии OWL-Time, загруженной в редактор Protégé [9], приведена на рисунке 2.

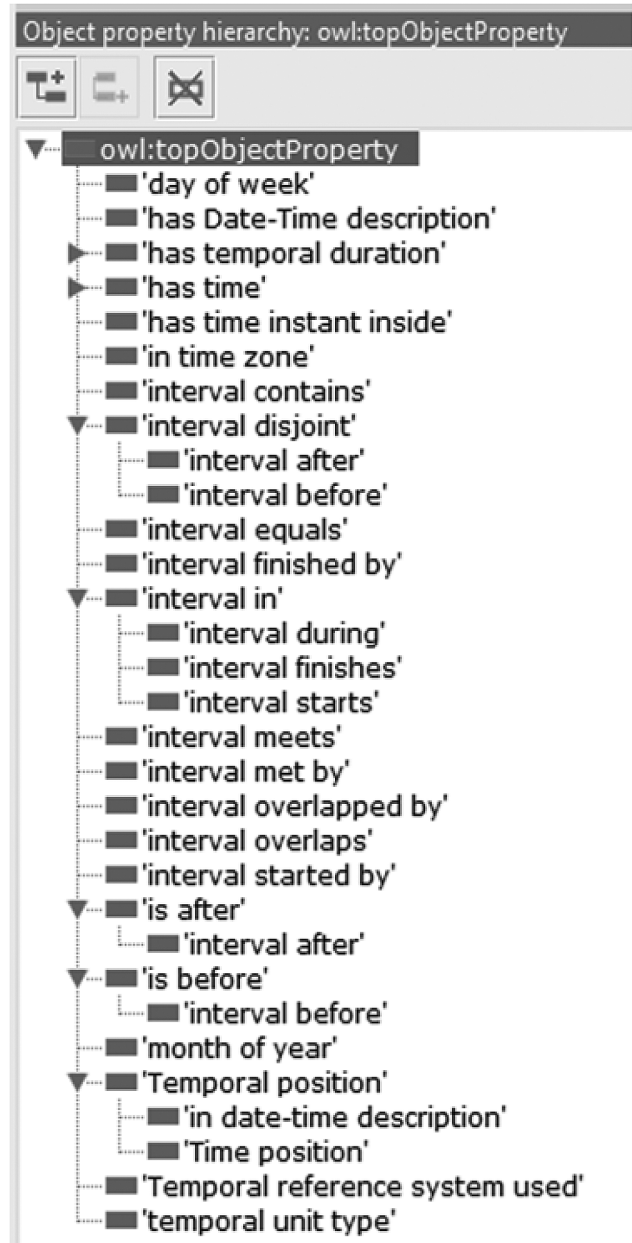


Рис. 2. Отношения концептов онтологии OWL-Time в редакторе Protégé

Вместе с тем, по мнению авторов, онтология OWL-Time содержит ряд концептуальных ограничений, которые не позволяют выразить ряд отношений между временными периодами. К таким ограничениям относятся:

1. Отсутствие транзитивности отношений Contains / During, Before / After, Starts / StartedBy, Finishes / FinishedBy. Этот недостаток существенно ограничивает возможности применения онтологии по выводу логических утверждений в тех случаях, когда временных интервалов несколько.
2. Отсутствие наследования между отношениями After и MetBy. Это не позволяет интерпретировать временные интервалы, которые начинаются в точке окончания предыдущего интервала и после нее как интервалы, относящиеся к одному классу. Аналогично предыдущему, было бы полезным существование наследования между отношениями Before и Meets.
3. Отсутствие распространения «горизонтальных» временных отношений по «вертикали», т.е. по уровням вложенности временных интервалов. Например, если интервал А предшествует (Before) интервалу В, то интервал С, входящий (In) в интервал А также предшествует интервалу В. То же самое касается и других интервальных отношений.

Описанные концептуальные ограничения не позволяют эффективно решать некоторые практические задачи. В качестве примера рассмотрим онтологическую модель учебного плана, которая приводится в [3].

В этой модели концептами, соответствующими понятию временного интервала, являются концепты Semester и AcademicYear. Эти интервалы связаны вполне очевидными отношениями вложенности и последовательности. В [3] авторами были определены отношения времени, некоторые из которых эквивалентны определенным отношениям онтологии OWL-Time. В частности, отношения IsPartOf / Includes эквивалентны отноше-

ям During / Contains онтологии OWL-Time, отношения Precede / followBy эквивалентны отношениям Meets / MetBy, goesBefore / goesAfter эквивалентны Before / After. Вместе с тем, в работе [3] авторами определены свойства транзитивности, а также «иерархического» наследования интервальных отношений на временные интервалы, связанные отношениями вложенности.

По результатам выполненного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Описание временных (интервальных) отношений является актуальным инструментом при проектировании онтологических моделей в прикладных областях.
2. При описании временных отношений целесообразно следовать принципу стандартизации и унификации, что предписывает использовать спецификацию OWL-Time, имеющую статус рекомендации консорциума W3C.
3. Для эффективного применения модель OWL-Time целесообразно доработать с учетом описанных выше ограничений.

Модификация онтологии OWL-Time

Расширяемость является базовым свойством онтологического подхода [4, 5] и дает практически неограниченные возможности по модернизации онтологических моделей путем добавления концептов и их свойств, слияния онтологий и т.д. Для работы с онтологической моделью авторами использовался свободно-распространяемый онтологический редактор Protégé [6]. В целях преодоления описанных выше ограничений онтологии OWL-Time были выполнены следующие модификации:

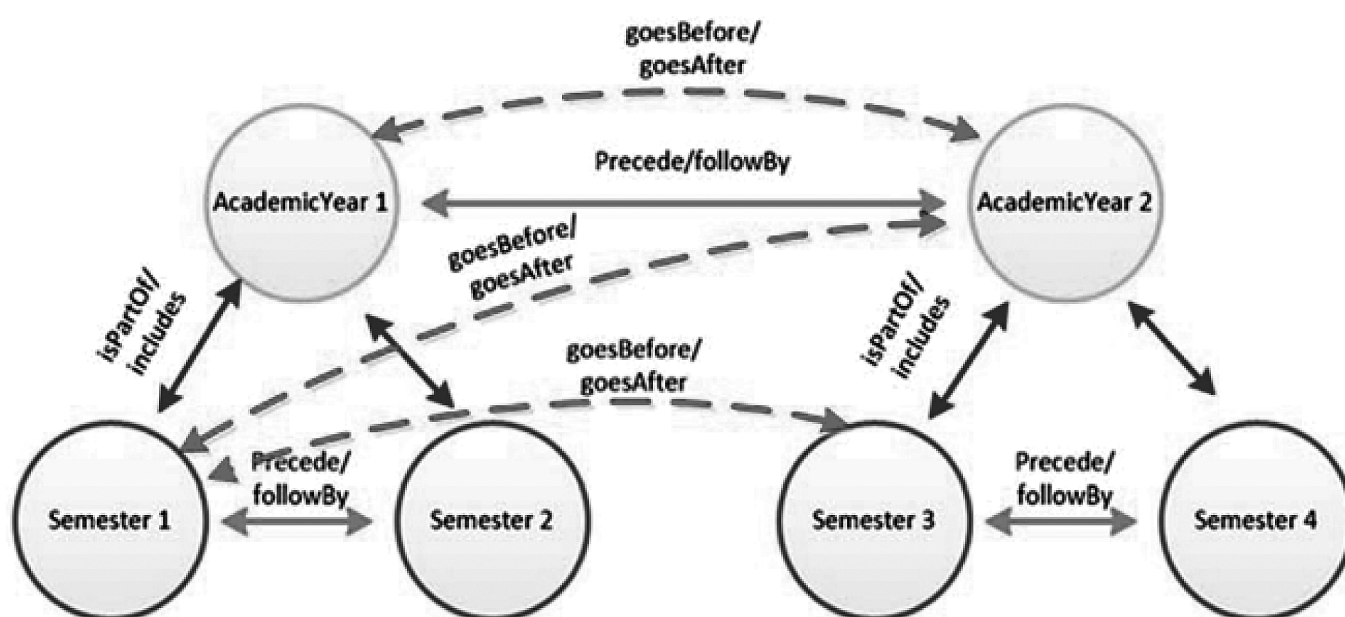


Рис. 3. Онтологическая модель учебного плана [3]

1. Добавлено свойство транзитивности отношениям Contains / During, Before / After, Strats / StartedBy, Finishes / FinishedBy. Это дополнение позволяет эффективнее обрабатывать «вертикальные» отношения между временными интервалами, т.е. отношения вложенности. В качестве примера на рисунке 4 приведено визуальное представление транзитивности свойств Finishes / FinishedBy.

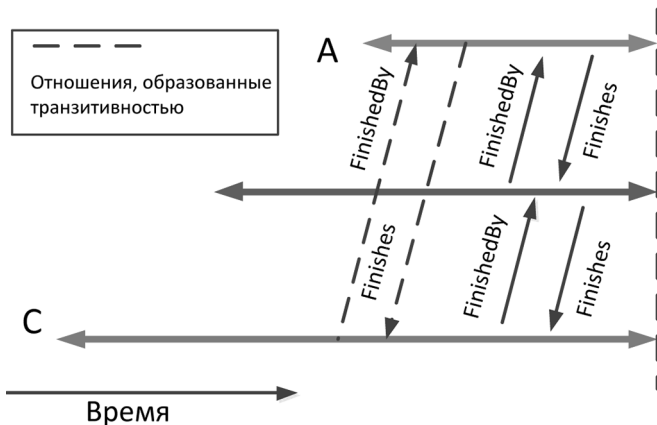


Рис. 4. Транзитивность отношений Finishes / FinishedBy

2. Для решения второй проблемы отношение After определено как родительское для MetBy. Это позволяет интерпретировать временные интервалы, которые начинаются в точке окончания предыдущего интервала, как интервалы, расположенные «после». Аналогично, отношение Before определено как родительское для Meets, что позволяет интерпретировать временные интервалы, которые заканчиваются в точке начала последующего интервала, как интервалы, расположенные «до». Это расширяет возможности для анализа «горизонтальных» отношений временных интервалов. Доработка актуальна для онтологической модели учебного плана, где присутствуют временные интервалы, следующие один за другим, например, курсы или семестры. Определение отношения Meets в редакторе Protégé приведено на рисунке 5.

Исходя из анализа логики интервальных отношений также можно сделать следующий вывод. Если интервал A, оканчивает (Finishes) интервал B, который предшествует (Meets) интервалу C, то интервал A также предшествует интервалу C (рисунк 6).

Описанное отношение реализуется определением отношения Meets как цепочки свойств 'interval_finishes' о 'interval_meets' (рисунк 7). Аналогично, отношение MeesBy реализуется как цепочка свойств 'interval_starts' о 'interval_meetBy'.

3. Для решения третьей проблемы — распространения «вертикальных» отношений на «горизонтальные»

отношение Before было определено как цепочка свойств 'interval_in' о 'interval_before', а отношение After — как цепочка свойств 'interval_in' о 'interval_before' (рисунк 8).

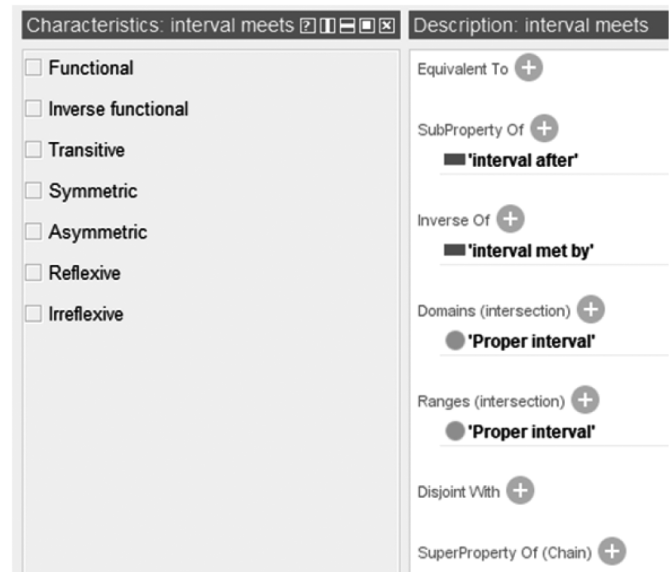


Рис. 5. Модификация отношения Meets онтологии OWL-Time в редакторе Protégé

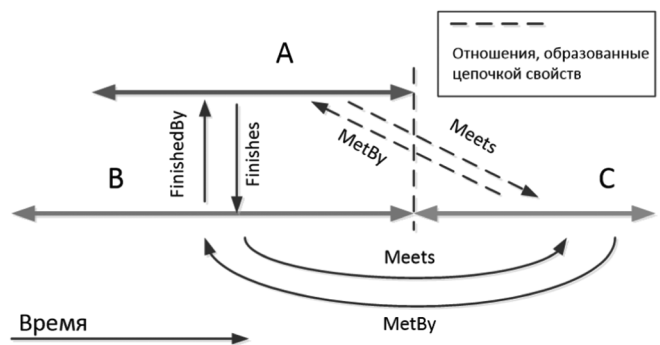


Рис. 6. Цепочка отношений Finishes/Meets

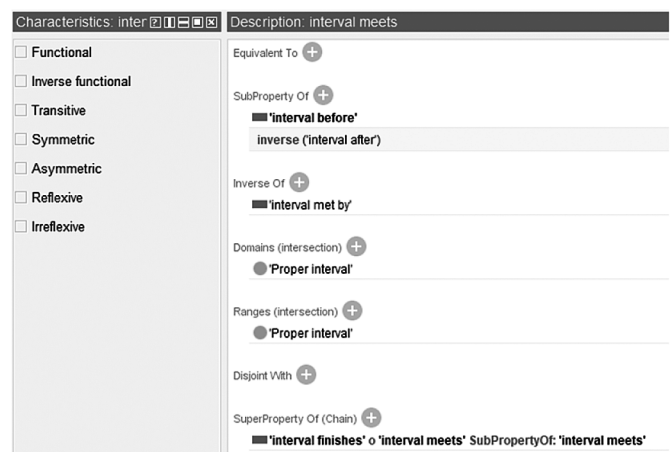


Рис. 7. Реализация цепочки отношений Finishes/Meets в редакторе Protégé

Исходный код модифицированной онтологии OWL-Time в формате OWL/XML размещен по ссылке <https://github.com/2repy/OWLTime/blob/master/time2.owl>

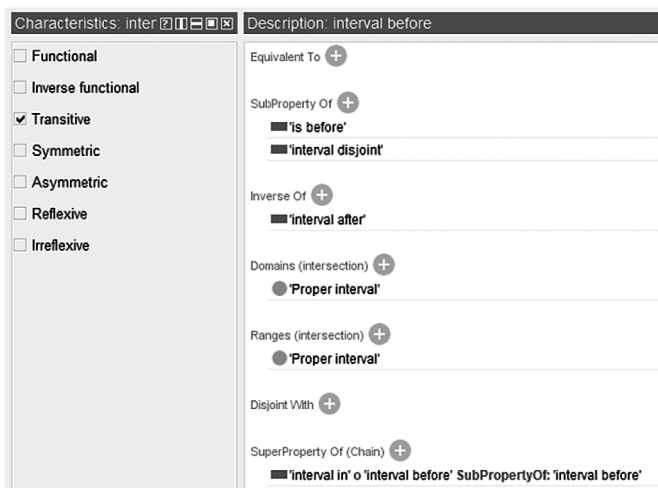


Рис. 8. Реализация цепочки отношений In/Before в редакторе Protégé

Применение модифицированной онтологии для описания учебного плана

Для демонстрации приемов онтологического моделирования с использованием отношений времени авторами данной публикации была разработана упрощенная онтологическая модель структуры учебного плана, которая включает в себя только концепты, относящиеся к классу временных интервалов — семестр и курс (рисунок 9). Данные концепты структурно связаны через отношение Includes / IsPartOf, которые необходимы для отражения факта включения определенного семестра в определенный учебный год.

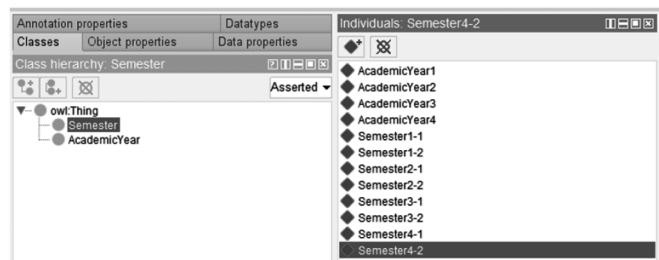


Рис. 9. Упрощенная структура онтологии учебного плана в редакторе Protégé

Модифицированная онтология OWL-Time импортируется в онтологию учебного плана. При этом концепты AcademicYear и Semester определяются как дочерние классы класса ProperInterval. После этого можно моделировать взаимоотношения во времени между учебными годами и семестрами. Для проверки правильности логического вывода отношений с использованием модифицированной онтологии OWL-Time определим отношения, определяющие последовательность следования курсов и семестров (рисунок 10).

После запуска машины логического вывода Hermit каждый индивид получает большой набор вычисленных свойств (выделены желтым), примеры которых приведены на рисунке 11. Анализ полученных результатов логического вывода позволяет сделать вывод об адекватности определенных выше дополнительных отношений в онтологии OWL-Time.

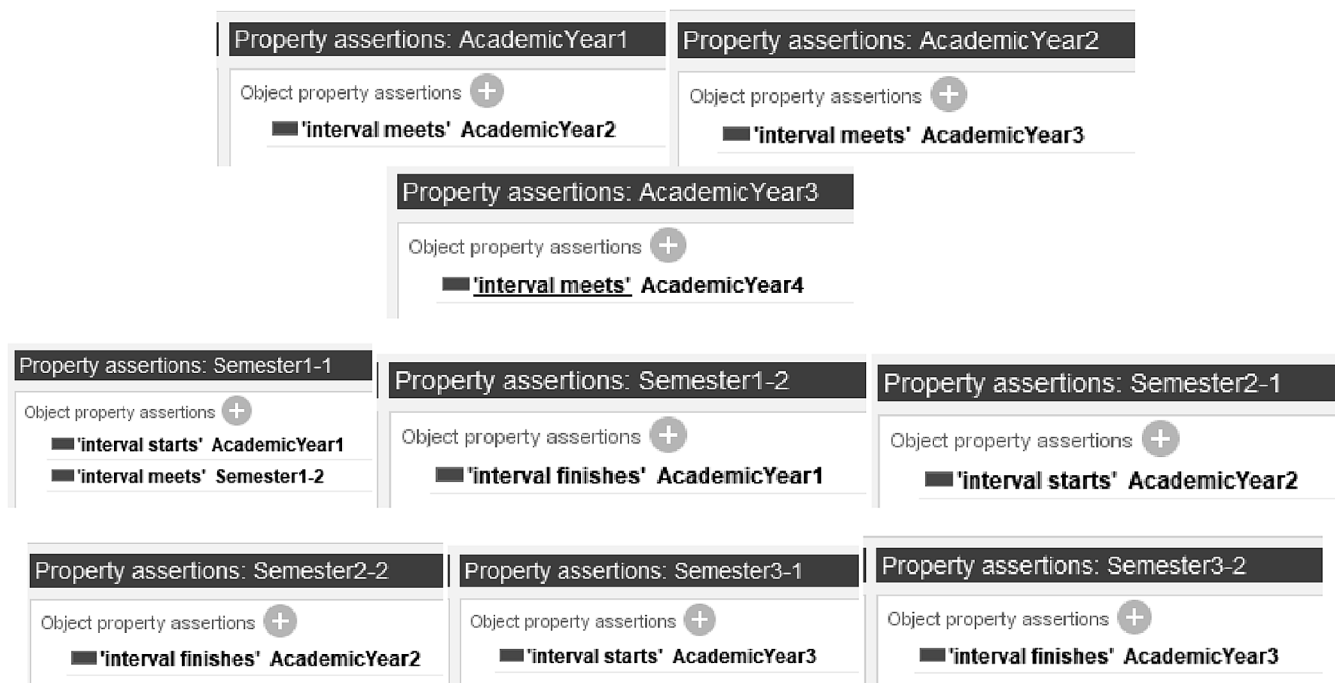


Рис. 10. Определение отношений между AcademicYear и Semester в редакторе Protégé



Рис. 11. Результаты логического вывода отношений между экземплярами концептов учебного плана с использованием модифицированной онтологии OWL-Time

Выводы

1. Описание семантики отношений между объектами, явлениями и событиями, возникающих во временной области является необходимой составляющей частью процесса онтологического моделирования во многих областях. В частности, такие отношения определяются при описании учебных периодов образовательной программы.
2. Для решения указанной задачи целесообразно использование онтологии OWL-Time, имеющей

3. 3. Авторами была выполнена доработка онтологии OWL-Time с целью определения дополнительных семантических отношений, что позволило добиться большей выразительности и функциональности онтологической модели. Разработанная онто-

логическая модель периодов образовательной программы с учетом выполненных доработок показала адекватные результаты при выполнении процедур логического вывода. Доработанная

онтологическая модель размещена в открытом доступе по ссылке <https://github.com/2repby/OWLTime/blob/master/time2.owl>.

ЛИТЕРАТУРА

1. The World Wide Web Consortium (W3C). Semantic Web. — URL: <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>
2. Тим Бернерс-Ли, Джеймс Хендлер, Ора Лассила. Семантическая Сеть. — 2001. — URL: http://www.cs.man.ac.uk/~ezolin/logic/semantic_web_utf.html.
3. Nazyrova A, Milosz M, Bekmanova G, Omarbekova A, Mukanova A, Aimicheva G. / Analysis of the Consistency of Prerequisites and Learning Outcomes of Educational Programme Courses by Using the Ontological Approach. Applied Sciences. 2023; 13(4):2661. <https://doi.org/10.3390/app13042661>
4. Разин В. В. Представление знаний о времени с учётом неопределённости в онтологиях Semantic Web / В.В. Разин, А.Ф. Тузовский // Доклады ТУСУР. — 2013. — № 2(28). — С. 157–162.
5. Фомин, В.В. Вычислительные процедуры обработки неточной временной информации / В.В. Фомин, С.В. Мальцев // Программные продукты и системы. — 2016. — № 3. — С. 29–35. — URL: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=4174>
6. Allen J.F. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. Commun. ACM, 1983, vol. 26, no. 11, pp. 832–843.
7. Lawrence, D.L., et al. / Time Ontology in OWL. W3C Recommendation / World Wide Web Consortium. — 2018. — URL: <https://www.w3.org/TR/owl-time>.
8. Hobbs J.R., Pan F. Time Ontology in OWL. W3C Working Draft // World Wide Web Consortium (W3C). 2006 [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.w3.org/TR/owl-time>
9. Stanford University. Protégé — a free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. — URL: <https://protege.stanford.edu>.

© Кузин Дмитрий Александрович (kuzin_da@surgu.ru), Турмаганбетова Шынар Курмангалиевна (shynarkurmangalikyzy@gmail.com); Назырова Айжан Есболовна (ayzhan.nazyrova_1@enu.kz); Муқанова Асель Сериковна (assel.mukanova@aiu.edu.kz).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»