**Министерство науки и высшего образования**

**Российской Федерации**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ Государственное Автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Факультет информационных технологий**

Кафедра общей информатики

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) Программная инженерия и компьютерные науки

**ОТЧЕТ**

**о прохождении учебной практики, научно-исследовательской работы (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)**

(указывается наименование практики)

**Обучающегося** Шелдякова Ивана Павловича **группы №** 20203 **курса 3**

(Ф.И.О. полностью)

**Тема задания**: Разработка рекомендательной системы компьютерных игр

**Место прохождения практики:** ФГБУН Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 4

(полное наименование организации и структурного подразделения, индекс, адрес)

**Сроки прохождения практики:** с 06.10.2022 г. по 22.12.2022 г.

**Руководитель практики   
от профильной организации** Пальчунов Дмитрий Евгеньевич, в.н.с., д.ф.-м.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. полностью, должность) (подпись)

**Руководитель практики от НГУ** Яхъяева Гульнара Эркиновна, доцент, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. полностью, должность) (подпись)

**Руководитель ВКР** Яхъяева Гульнара Эркиновна, доцент, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. полностью) (подпись)

**Оценка по итогам защиты отчета:** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично)

**Отчет заслушан на заседании кафедры** **общей информатики**

(наименование кафедры)

**протокол \_\_\_\_\_\_\_\_\_от** «\_\_\_\_\_\_» декабря 2022 г.

Новосибирск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

|  |  |
| --- | --- |
| Введение............................................................................................................... | 3 |
| Прецедентные модели как формализация частотной интерпретации вероятности.......................................................................................................... | 5 |
| Нечеткие модели как формализация субъективной вероятности.................. | 7 |
| Субъективные знания эксперта.......................................................................... | 8 |
| Алгоритм проверки корректности экспертных знаний и исправления некоторых некорректностей............................................................................... | 10 |
| Реализация............................................................................................................ | 13 |
| Заключение.......................................................................................................... | 14 |
| Словарь................................................................................................................. | 15 |
| Список литературы............................................................................................. | 17 |
| Приложение 1...................................................................................................... | 18 |
| Приложение 2...................................................................................................... | 19 |

**Введение**

Компьютерные игры с каждым годом становятся все популярнее и популярнее. И с каждым годом их число растет. Если человек, который не следит активно за игровой индустрией, хочет во что то поиграть, то перед ним появляется огромный список вариантов. У современного человека время это ценный ресурс. Он не хочет тратить большое количество времени на поиск подходящей для него игры. Причем человек может ошибиться и выбрать игру, которая не будет его развлекать. Компьютерные игры — это удовольствие не из дешевых. Цена такой ошибки высока. Как же выбрать человеку подходящую для него игру, не потеряв деньги и сэкономив время? Для решения этой проблемы отлично подходят рекомендательные системы. Их работа заключается в том, чтобы собрать особую информацию об человеке и на ее основе предложить список вариантов, наиболее ему подходящих, взятых из заранее подготовленной базы данных. Такую рекомендательную систему для компьютерных игр мы и разрабатываем.

В данном отчете будут описаны:

* Основная идея, лежащая в основе рекомендательной системы компьютерных игр
* Аналоги
* Реализация программы, собирающей информацию об играх
* Дальнейший план разработки

**Идея**

Для того чтобы разработать рекомендательную систему компьютерных игр мы должны были понять на основе чего она будем советовать те или иные игры. Эта особая информация должна была учитывать особенности конкретного человека, чтобы позволить системе наилучшим образом подобрать соответствующие ему игры. Поэтому мы обратились к психогафике. Психографика – это подход, который позволяет сосредоточится на том, как игрок выглядит изнутри. Прочитав главу из книги Джесси Шелла “Геймдизайн. Как создать игру, в которую будут играть все” о психографике, мы пришли к выводу о том, что наша система будет рекомендовать игры на основе типа удовольствия, который человек хочет испытать от игры. Мы выбрали эту метрику, потому что сама цель игр — это приносить удовольствие людям. И лучше, чем эта метрика нам никто не скажет соответствует ли игра типу удовольствия, который хочет удовлетворить игрок или нет. В книге представлены следующие типы удовольствий, которые человек может испытывать от игр, и описания к ним:

1. **Ощущения.** Удовольствие ощущения подразумевает использование ваших чувств. Смотреть на что-то красивое, слушать музыку, прикасаться к шелку, нюхать или пробовать вкусную еду – это всё удовольствия ощущения. Этот тип удовольствия передается в первую очередь посредством эстетики.
2. **Фантазия.** Это удовольствие от воображаемого мира и от представления себя тем, кем вы на самом деле не являетесь.
3. **Повествование.** Под удовольствием повествования подразумевается не совсем рассказ заданной, линейной истории. Имеется в виду драматическое развитие последовательности событий по самым различным сценариям.
4. **Сложность.** В некотором смысле, сложность является основополагающим удовольствием геймплея, так как сердцем каждой игры является проблема, которую необходимо решить. Для некоторых игроков этого удовольствия достаточно – но другим нужно больше.
5. **Товарищество.** Это удовольствие, связанное с дружбой, сотрудничеством и сообществом. Без сомнения, для некоторых игроков это самое главное.
6. **Открытие.** Понятие удовольствия открытия довольно обширное: каждый раз когда вы ищете и находите что-то новое — вы совершаете открытие. Иногда это исследование игрового мира, а иногда – открытие скрытых свойств или удачной стратегии. Без сомнений, открытие нового – основное игровое удовольствие.
7. **Самовыражение.** Это удовольствие самовыражения и удовольствие создавать что-то новое. В прошлом в геймдизайне было принято игнорировать это удовольствие. Сегодня игрок может создавать своих собственных персонажей, строить собственные уровни и делиться ими с другими игроками. Часто “игровое самовыражение” имеет минимальное значение в процессе выполнения цели игры. Изменение образа персонажа не дает игрового преимущества, но для некоторых игроков это весомый аргумент в пользу игры.
8. **Принятие.** Это удовольствие присоединиться к кругу избранных – оставить реальный мир позади и стать частью нового, более увлекательного набора правил и значений. В известном смысле, все игры позволяют ощутить этот тип удовольствия, но к некоторым игровым мирам просто более приятно и интересно присоединяться, чем к другим. В некоторых играх вас заставляют погрузиться на время в фантазию; в других вы погружаетесь в фантазию непроизвольно, так, что ваш мозг без проблем проникает в игровой мир и остается там. В таких играх принятие другой реальности превращается в настоящее удовольствие.
9. **Ожидание.** Когда вы знаете, что удовольствие уже на подходе, одно только ожидание его является определенным типом удовольствия.
10. **Завершение.** Приятно доводить начатое до конца. Многие игры используют этот тип удовольствия.
11. **Радость по поводу чужого горя.** Чаще всего мы чувствуем это, когда справедливое наказание достигает некую нечестную особу. Это важный аспект соревновательных игр.
12. **Дарение.** Удовольствие от того, что ваш подарок или сюрприз сделал кого-то счастливым, нельзя сравнить ни с чем. Мы заворачиваем наши подарки в бумагу, чтобы подчеркнуть и усилить удивление. Вы получаете удовольствие не только от того, что другой человек счастлив, но и от того, что это вы сделали его счастливым.
13. **Юмор.** Две, на первый взгляд, не совместимые вещи, вдруг соединяются за счет какого-то невероятного сдвига в восприятии. Это сложно описать, но нельзя не заметить, когда это происходит. Странно, но это заставляет нас смеяться.
14. **Возможность.** Это удовольствие заключается в наличии различных вариантов и возможности выбора среди них.
15. **Гордость от достижения цели.** Это удовольствие, ощущение которого может продолжаться еще долгое время после того, как цель была достигнута.
16. **Сюрпризы.** Мозг любит сюрпризы.
17. **Трепет.** У создателей американских горок есть поговорка, что “страх минус смерть равняется фану”. Трепет – это именно такой тип фана – вы испытываете страх, но чувствуете, что вам ничего не угрожает.
18. **Победа над обстоятельствами**. Это удовольствие от того, что вы достигли успеха там, где у вас изначально было мало шансов. Обычно это удовольствие сопровождается победными криками.
19. **Чудо**. Всепоглощающее чувство трепета и удивления.

Для человека желаемый тип мы будем определять на основе его ответов на специальный тест. Для игры тип будет определятся с помощью программы, которая будет собирать ее описание и отзывы критиков в виде текста и находить в нем ключевые слова, описывающие тот или иной тип удовольствия. Подсчитав количество таких слов на каждый тип в тексте, мы составим вектор, который будет характеризовать игру. Такой же вектор будет составлен по результату теста игрока. По соответствию векторов будет выдан список рекомендаций.

Также в системе будет учитываться:

* Оценка игры. От 1 до 100, взятая от критиков.
* Издатель игры.
* Возрастной рейтинг игры.
* Возраст игры.
* Платформа/ы, на которой/ых есть игра
* Платформа/ы, на которой/ых играет игрок
* Возраст игрока
* Пол игрока
* Прошлый опыт игрока. Это игры, с которыми раньше имел опыт игрок.

Эти параметры будут использованы для дополнительной фильтрации векторов, отвечающих за тип игры.

**Аналоги**

Для этого существуют специальные сайты, где можно посмотреть описание игры, оценки, отзывы игроков и критиков. Можно фильтровать игры по различным жанрам и тэгам

Прецедентные модели как формализация частотной интерпретации вероятности

Самым известным представителем концепций интерпретации вероятности является классическая интерпретация вероятности. Основная идея классического подхода состоит в симметричности мира, то есть в равномерном распределении вероятности между всеми возможными элементарными исходами испытания. Таким образом, классическая вероятность события — это просто доля от общего числа возможностей, при которых событие происходит.

Однако реальный (физический) мир в большинстве своих проявлениях не симметричен. Даже в известной задаче о подбрасывании игральной кости элементарные исходы будут не равновероятны, если игральная кость будет утяжелена с одной стороны. Таким образом, на смену классической интерпретации вероятности приходит понятие частотной или статистической вероятности.

Одним из базовых понятий теории вероятностей является понятие испытания, то есть наблюдение какого-либо события. Если различные серии испытаний проводятся в одинаковых условиях, то относительная частота события колеблется около определённого значения, то есть обнаруживает свойство устойчивости*.* Если в одинаковых условиях проведено достаточно много испытаний, то застатистическую (или конечно-частотную) вероятность событияпринимают относительную частоту данного события.

Формализуем описание испытания в виде алгебраической системы . Сигнатура – это множество понятий, на языке которых описывается данная предметная область. Так как все испытания проводятся в одинаковых условиях, то, очевидно, все алгебраические системы, описывающие различные испытания, будут определены на одном и том же основном множестве и содержат одну и ту же сигнатуру . Мы ограничимся случаем, когда сигнатура содержит только предикатные символы. Введем множество констант и будем обозначать . Тогда любое событие предметной области можно формализовать в виде некоторого предложения сигнатуры . Обозначим через множество всех предложений сигнатуры , то есть множество всевозможных событий данной предметной области.

Если событие произошло в ходе данного испытания, то на соответствующей этому испытанию алгебраической системе предложение будет истинно. Таким образом, на каждой конкретной системе определяется свое означивание предложений, зависящее от результатов испытания. Алгебраическую систему, описывающую то или иное испытание, будем называть прецедентом предметной области.

Пусть проведена серия из испытаний, в результате которых получено множество прецедентов

**Определение 1.** *Упорядоченную тройку назовем* ***прецедентной моделью*** *(порожденной множеством испытаний ), если для любого события имеем*

В прецедентной модели каждому событию ставится в соответствие множество испытаний, на которых это событие произошло.

**Определение 2.** *Упорядоченную тройку назовем* ***фаззификацией*** *прецедентной модели , если для любого события имеем*

Значениями истинности предложений в фаззификации являются числа из интервала , которые интерпретируются как объективная (частотная) вероятность соответствующих событий.

Зададим на множестве отношение семантической эквивалентности. Будем говорить, что два предложения *семантически эквивалентны* (и обозначать ) если на любой (классической) модели сигнатуры они принимают одинаковые значения истинности. Определим на множестве отношение порядка:

.

Заметим, что означивание из Определения 2 является нечеткой мерой,т.е. обладает следующими свойствами:

1. и
2. *для любых .*

Далее будем говорить, что мера является ***аддитивной***, если для любых предложений выполняется свойство:

Так как мы рассматриваем конечное множество испытаний , то мера будет ***конечной.*** Также из Определения 2 следует, что мера является *рациональной*, т.е. . Таким образом, имеет место следующее Предложение.

**Предложение 1**. *Означивание фаззификация любой прецедентной модели является нечеткой, аддитивной, конечной, рациональной мерой.*

Меру будем называть ***вырожденной***, если .

**Предложение 2**. *Означивание фаззификация любой прецедентной модели*  обладает следующим свойством:

1. *для любых .*

**Замечание 1.** *Если отображение обладает свойствами (A), (C) и (D), то оно обладает свойством (B).*

**Замечание 2.** *Пусть отображение обладает свойствами (A) и (D), то свойство (C) эквивалентно свойству*

1. *Для любого имеем*

*где – СДНФ предложения .*

Нечеткие модели как формализация субъективной вероятности

Понятие «субъективной вероятности» было введено в 30-х годах прошлого века Фрэнком Рамсеем, и подразумевает степень уверенности эксперта в наступлении того или иного события. Её применяют тогда, когда невозможно воспользоваться объективной вероятностью по причине неполноты или отсутствия данных о наблюдениях, к примеру, из-за высокой стоимости получения объективной вероятности.

Б.А. Кобринский отметил три основных направления применения методологии субъективной вероятности в интеллектуальных системах:

1. учет в базе знаний интуитивных представлений специалиста, например, проявляющихся в форме ассоциаций;
2. отображение в формализмах базы знаний уверенности эксперта (группы экспертов) в знаниях;
3. отражение на входе системы того, что можно характеризовать термином «сомнения» в пропущенных через мозг специалиста в проблемной области объективных признаках и/или субъективных сведениях.

Факторы уверенности, отражающие динамику проявления признаков, включая образные, и учитывающие степень выраженности лингвистических и визуальных представлений, являются условием повышения надежности решений нечетких интеллектуальных систем.

Формализуем понятие субъективной вероятности с помощью алгебраической системы сигнатуры .

**Определение 3***. Тройку будем называть* ***нечеткой моделью****, если*

1. *Отображение является нечеткой мерой;*
2. *для любых .*

Будем говорить, что предложение истинно на нечеткой модели , если . Очевидно, что любое тождественно истинное предложение является истинным на любой нечеткой модели. Таким образом, понятие нечеткой модели является консервативным расширением понятия модели в классической логике предикатов. Более того, если мера вырожденная, то нечеткая модель является моделью классической логики предикатов.

**Предложение 3.** *Пусть – нечеткая модель с невырожденной мерой . Пусть существуют функции , которые для любых*   *удовлетворяют условиям:*

*Тогда*

1. *для любого ;*
2. *функции и не являются монотонными.*

Очевидно, что каждая фаззификация является нечеткой моделью. Однако существуют нечеткие модели, не являющиеся фаззификациями.

Субъективные знания эксперта

Задавая нечеткую модель мы должны располагать знанием о субъективной вероятности всех предложений множества . Однако эксперт (или даже группа экспертов) может не обладать таким полным знанием, более того множество может оказаться бесконечным. Тем не менее, существует конечное множество событий предметной области, о вероятностных значениях которых эксперт может дать свою экспертную оценку.

Рассмотрим пример из раздела Введение. Мы не обладаем полным (нечетким) знанием о возможном заражении каждого из членов коллектива. На входе мы имеем конечное множество предложений и означивание . Тогда перед нами встает необходимость решения следующих задач:

**Задача 1**. Проверить является ли означивание корректно (т.е. реализуемо).

**Задача 2**. Если оценка некорректна, найти причины возникновения некорректности и предложить эксперту пересмотреть часть своих означиваний.

**Задача 3**. Если оценка корректна, то для произвольного предложения найти всевозможные значения истинности, совместные с данным означиванием.

Задача 3 была частично решена. Было доказано, что для любого предложения множество всевозможных значений истинности, согласованных с данным означиванием, образует интервал.

Рассмотрим множество предложений *.* Обозначим через сигнатуру множества предложений . Очевидно, что . Пусть – множество констант, встречающихся в . Определим множество .

**Определение 4**. *Рассмотрим множество предложений и отображение . Будем говорить, что нечеткая модель* ***согласуется с*** *означиванием , если*

1. *;*
2. *для любого предложения .*

**Определение 5.** *Означивание является* ***реализуемым на множестве*** *, если*

1. *;*
2. *Пусть . Тогда найдется такой класс прецедентов сигнатуры (т.е. для любого ), что согласуется с .*

Заметим, что необходимым условием реализуемости означивания на некотором множестве является условие, что множество должно быть конечным подмножеством рациональных чисел из интервала .

**Теорема 1**. *Рассмотрим множество предложений и отображение . Пусть , где . Тогда если сигнатура содержит только одноместные предикаты, то для любого множества такого, что имеем*

*реализуется на реализуется на .*

**Следствие 1.** *Рассмотрим множество предложений и отображение . Пусть сигнатура содержит только одноместные предикаты и конечное (или пустое) множество констант. Тогда найдутся такие множество бескванторных предложений и означивание , что для любого множества такого, что имеем*

*реализуется на реализуется на .*

Алгоритм проверки корректности экспертных знаний и исправления некоторых некорректностей

Пусть, согласно нашему примеру выше, пользователь вводит следующие формулы и их вероятностные значения:

|  |  |
| --- | --- |
| p(Ivanov) | 0.45 |
| p(Ivanov) || p(Petrov) | 0.65 |
| ∃xp(x) | 0.8 |
| ∃xp(x) → ∀yp(y) | 0.3 |

На первом этапе мы строим сигнатуру введенного множества формул: множество всех констант и множество всех предикатов . После этого, согласно Теореме 1, обогащаем сигнатуру двумя новыми константами и .

Для нашего примера получается следующая сигнатура:

Далее, согласно Следствию 1, мы считаем, что формулы определены на конечной модели. Поэтому раскрываем формулы с кванторами: заменяем квантор всеобщности конъюнкцией, а квантор существования дизъюнкцией. При обнаружении в формуле квантора, определяется, какая переменная и какая подформула находятся под квантором. Далее подформула заменяется на конъюнкцию или дизъюнкцию подформул, в которых вместо переменной находится одна из констант из множества . Эти действия повторяются рекурсивно для каждой подформулы исходной формулы, пока в формуле не останется кванторов.

Для нашего примера получается следующее множество формул:

Далее необходимо привести все введенные формулы к виду СДНФ сигнатуры . Для этого выделяются все атомарные предложения сигнатуры , и фиксируются в лексикографическом порядке. После этого строится таблица истинности для каждого предложения. По таблице истинности строится система линейных уравнений

где – количество формул, введенных пользователем и – количество всевозможных дизъюнктов, содержащих все атомарные предложения сигнатуры , взятые с отрицанием или без. Коэффициент равен 1 если конъюнкт под номером содержится в полном СДНФ представлении предложения под номером , и 0 в противном случае. Коэффициент является вероятностным значением -того предложения. Очевидно, что . Переменная является искомым вероятностным значением -того конъюнкта. Согласно Предложению 1 и Замечанию 2, множество предложений, введенное пользователем реализуемо тогда и только тогда, когда данная система имеет решения при ограничениях для любого .

При решении системы уравнений может возникнуть три ситуации:

1. Система имеет решения при заданных ограничениях.
2. Система не имеет решений при заданных ограничениях, но имеет решения, выходящие за пределы ограничений.
3. Система не имеет решений.

В первом случае множество предложений реализуемо, и в нем нет конфликтов. Так, для рассматриваемого нами примера выше строится следующая система линейных уравнений:

Эта система имеет решения с заданными ограничениями.

Во втором и третьем случаях множество предложений с предложенными пользователем субъективными оценками нереализуемо. Для разрешения конфликта, в обоих случаях, необходимо скорректировать пользовательские оценки.

В случае, когда система имеет решения за пределами ограничений предлагается алгоритм «равномерного распределения нагрузки». Для этого на первом шаге алгоритма выбирается одно произвольное решение системы и считается его суммарное нижнее отклонение:

Далее это отклонение равномерно распределяется на положительные значения вектора:

где – число положительных координат в векторе .

Очевидно, что для вектора выполняется условие . Однако условие для любого может все еще не выполнятся. Повторяем этот шаг до тех пор, пока все координаты вектора не попадут в интервал .

На втором шаге алгоритма корректируем вектор пользовательских оценок так, чтобы вектор являлся решением системы уравнений.

В качестве примера рассмотрим следующее субъективное означивание пользователем:

|  |  |
| --- | --- |
| p(Ivanov) | 0.4 |
| !p(Ivanov) || !p(Petrov) | 0.3 |

Здесь алгоритм должен распознавать некорректность означивания и предлагать вариант исправления:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| p(Ivanov) | 0.55 | 0.4 |
| !p(Ivanov) || !p(Petrov) | 0.45 | 0.3 |

В случае, когда построенная система уравнений несовместна, алгоритм должен сообщать, что введенные пользователем данные некорректны и просить пересмотреть их.

Реализация

Для проверки экспертных знаний на непротиворечивость, разрешения некорректностей и отрисовки графа в будущем будет разработан программный модуль с графическим пользовательским интерфейсом. Программный модуль будет создан на языках программирования Java и Kotlin. Пользователь, используя диалоговое окно, сможет задавать события, описывая их в виде формул логики предикатов, используя операции конъюнкции, дизъюнкции, импликации и отрицания, а также кванторы существования и всеобщности, и субъективные вероятности наступления этих событий в виде чисел от 0 до 1. Пользователь сможет ввести любое число формул и их вероятностные значения.

За поиск решений системы из алгоритма будет отвечать дополнительный программный модуль, написанный на языке Python c использованием библиотеки z3.

Как уже было сказано выше, реализация включает в себя отрисовку графа, где в качестве листьев представлены конъюнкты из СДНФ формул, которые постепенно собираются в сами формулы, что мы подали, с помощью дизъюнкции между собой (в конечном итоге превращаясь в дизъюнкцию всех конъюнкций с вероятностью 1), а ребра означают отношение частичного порядка между ними. У каждой вершины есть своя вероятность (может быть интервал, либо не быть совсем), поэтому с помощью такого графа можно будет также смотреть на корректность оценочных знаний и видеть конкретные места, где возникают проблемы. В качестве приятного бонуса иногда можно будет определить интервалы вероятностей (или конкретную вероятность) для вершин, у которых нет собственных значений.

В качестве первого примера возьмем следующие входные данные:

|  |  |
| --- | --- |
| u ˅ !p | 0.8 |
| (u ˅ p) & (u ˅ !p) | 0.7 |

СДНФ для каждой формулы будет выглядеть так:

u ˅ !p = (u & p) ˅ (u & !p) ˅ (!u & !p)

(u ˅ p) & (u ˅ !p) = (u & p) ˅ (u & !p)

Далее: зеленые ребра – верно заданное отношение, красные – неверно. В скобках указываются значения вероятности, фиолетовые – вычисленные программой.

Примерный граф можно посмотреть в Приложении 1.

А теперь посмотрим на то, как будет выглядеть граф с неверно заданным отношением. Пусть

|  |  |
| --- | --- |
| u ˅ !p | 0.7 |
| (u ˅ p) & (u ˅ !p) | 0.8 |

СДНФ остаются теми же. Граф находится в Приложении 2. Мы видим, что из-за ошибки одно вычисленное значение даже получается меньше 0, что, конечно, недопустимо.

Заключение

В работе описана теоретико-модельная формализация двух интерпретаций вероятностных знаний: объективной (частотной) вероятности и субъективной (экспертной) вероятности. В рамках предлагаемого подхода знания, различные испытания представляются в виде алгебраических систем (прецедентов предметной области). На основе прецедентов строится прецедентная модель предметной области. Фаззификация прецедентной модели является теоретико-модельной формализацией объективной вероятности. Субъективная вероятность формализуется в виде нечеткой модели, которая является консервативным расширением понятия модели в классической логике предикатов.

Проверка согласованности экспертных знаний заключается в определении нечеткой модели, в которую эти знания вкладываются. Если такой модели не существует, то полученные знания считаются некорректными (с логической точки зрения) и предлагается алгоритм исправления этих некорректностей. Также происходит отрисовка графа, по которому можно видеть, где конкретно находится некорректность.

Набор экспертных оценок является конечным и зачастую неполным. В связи с этим не всегда получается однозначно описать нечеткую модель, формализующую эти знания. В этом случае получается класс нечетких моделей, согласованных с данным набором экспертных оценок, и тогда возникает проблема неоднозначности порождения новых оценочных знаний о предметной области. Ранее было сказано, что такие знания будут носить интервальный характер.

По итогу практики был подготовлен теоретический материал и проведены исследования для дальнейшей работы.

Словарь

Здесь будут представлены некоторые термины, определения которых не были даны в тексте.

**Предметная область** – часть реального мира, рассматриваемая в пределах данного контекста. Под контекстом здесь может пониматься, например, область исследования или область, которая является объектом некоторой деятельности.

**Объективная вероятность** – относительная частота появления какого-либо события в общем объеме наблюдений или отношение числа благоприятных исходов к общему их количеству. Возникает при анализе результатов большого числа наблюдений, имевших место в прошлом.

**Субъективная вероятность** – мера уверенности некоторого человека или группы людей в том, что данное событие в действительности будет иметь место.

**Оценочные знания** – знания в виде оценки вероятности события.

**Интеллектуальная система** – техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы.

**База знаний** – база данных, содержащая правила вывода и информацию о человеческом опыте и знаниях в некоторой предметной области. В самообучающихся системах база знаний также содержит информацию, являющуюся результатом решения предыдущих задач.

**Формализм** – формальная система или просто система обозначений.

**Алгебраическая система** состоит из основного множества и заданных на нем предикатов , функций и констант . Кортеж предикатных символов , функциональных символов и константных символов называется **сигнатурой** алгебраической системы . При этом запись означает, что является -местным предикатом алгебраической системы , а запись означает, что является -местной функцией алгебраической системы . Основное множество также называется **универсумом** алгебраической системы . Алгебраическая система обозначается или .

**Предложение** – формула без свободных переменных.

**Свободное вхождение переменной** – вхождение, при котором переменная не находится в области действия квантора по этой переменной.

**Атомарное предложение** – предложение, которое нельзя разбить на другие более простые предложения.

**Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (СДНФ)** – ДНФ, в которой любая пропозициональная переменная, содержащаяся в этой формуле, входит в каждую ее элементарную конъюнкцию ровно один раз (с отрицанием или без).

**Дизъюнктивная нормальная форма (ДНФ)** – дизъюнкция элементарных конъюнкций.

Список литературы

Yakhyaeva G.E. Application of Boolean Valued and Fuzzy Model Theory for Knowledge Base Development // SIBIRCON 2019 - International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences, Proceedings. - 2019.

Beliakov G., James S., Wu J.-Z. Discrete fuzzy measures: computational aspects. – Cham, Switzerland: Springer, 2020.

Пальчунов Д.Е., Яхъяева Г.Э. Нечеткие алгебраические системы // Вестник НГУ. Серия: Математика, механика, информатика. - 2010. - Т.10, вып. 3.

Карнап Р. Философские основания физики. Введение в философию науки. - М.: Прогресс, 1971.

Дулесов А.С., Семенова М.Ю. Субъективная вероятность в определении меры неопределенности состояния объекта // Фундаментальные исследования. - 2012. - № 3.

Кобринский Б.А. Подходы к отображению субъективно нечетких представлений эксперта и пользователя в интеллектуальных системах // Программные продукты и системы. - 1997. - №4.

Кобринский Б.А. Нечеткость и факторы уверенности вербальных и визуальных экспертных знаний // Нечеткие системы, мягкие вычисления и интеллектуальные технологии (НСМВИТ-2017): Труды VII всероссийской научно-практической конференции (г. Санкт-Петербург, 3-7 июля, 2017 г.). - 2017.

Пальчунов Д.Е. Математическая логика и теория алгоритмов: Учебное пособие. – Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск, 2016. – Ч. 1. – 96 с.

Предметная область [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Предметная_область> (дата обращения: 20.12.2021)

Интеллектуальная система [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Интеллектуальная_система> (дата обращения: 20.12.2021)

База знаний [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/База_знаний> (дата обращения: 20.12.2021)

Приложение 1.

(u & p) ˅ (u & !p) ˅ (!u & !p) ˅ (!u & p) (1)

(!u & p) (0.2)

(!u & !p) (0.1)

(u & p) ˅ (u & !p) ˅ (!u & !p) (0.8)

(u & p) ˅ (u & !p) (0.7)

(u & !p) [0; 0.7]

(u & p) [0; 0.7]

Приложение 2.

(!u & !p) (< 0)

(u & p) ˅ (u & !p) ˅ (!u & !p) ˅ (!u & p) (1)

(!u & p) (0.3)

(u & p) ˅ (u & !p) ˅ (!u & !p) (0.7)

(u & p) ˅ (u & !p) (0.8)

(u & !p) [0; 0.8]

(u & p) [0; 0.8]