

# ОБЪЯСНЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЙ

*Ширинов Ройал Абиль оглы*

*Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности*

*ORCID: 0009-0001-9211-8721*

*E-mail: royal.shirinov@asoiu.edu.az*

## KEYWORDS

объяснимый  
искусственный интеллект  
(ХАИ), эмоциональное  
состояние человека,  
онтология, инновации,  
философия.

## ABSTRACT

Сегодня онтология становится частью различных подходов к работе с человеком, его эмоциями, навыками и потребностями в плоскости инновационных технологий. Безусловно, такое преобразование философской мысли позволяет оптимизировать систему получения знаний об эмоциях и их вариациях. Особенность подхода заключается в том, что сама

онтология является теоретической и не нуждается в практическом подтверждении, в то время как системы вычислений, наоборот требуют четких инструкций и алгоритмов расчета. Как результат сочетание инноваций и философских течений дает таксономическую организацию в процессе выявления заданных параметров. В данной работе предлагается к рассмотрению комбинация УО ХАИ & ЭМОКА, основанная на сочетании метода упрощенных объяснений и метода описания эмоций на основе контекстных данных о выражениях тела, которые опираются на инновационных технологиях ХАИ и онтологических инструментах анализа. Предложенный комбинированный метод рассматривается в рамках математического и программного методов исследования, которые показывают перспективность применения объяснимого искусственного интеллекта в области распознавания человеческих эмоций. В заключении указывается, что данное предложение требует практического подтверждения, что предполагает его дальнейшее изучение.

## Введение

В современном мире информационный поток стал неотъемлемой частью жизни каждого человека. Процесс обработки различных данных занимает все меньше времени, как у обывателей, которые могут давать запросы своим средствам связи, так и у должностных лиц, для которых информационные потоки – это возможность распознать риски/угрозы или перспективы/возможности.

Но, среди информационных потоков один выделяется – это знание о настроении и эмоциональном состоянии человека. Они являются одним из самых «биологически и социально значимых» визуальных стимулов в среде человека. И именно от правильного определения эмоционального состояния собеседника часто зависит исход той или иной встречи. Восприятие эмоционального выражения лица имеет основополагающее

значение для успешного социального взаимодействия, которое важно, как для личного счастья и здоровья, так и для успешного процветания бизнеса [1]. как отмечают исследователи, сегодня, глубокое обучение и ИИ создали все условия для полноценного выявления эмоций, их распознавания и переноса этих знаний в практическую область [2]

И сегодня, когда существуют разного рода базы данных, содержащие в себе, как эмоциональные изменения, так и особенности выражения эмоций у людей различных социальных групп, рас и возрастов, не удивительно, что все чаще встает вопрос об оперативной реализации данных процессов. Но, так же остаются не решёнными такие вопросы, как

- особенности психологического и культурного развития индивида,

определяющие восприятие тех или иных событий;

- физиологические и индивидуальные черты личности, влияющие на работу мимики;
- выбор алгоритмов, систем и подходов к самому анализу и д.р.

Как результат, все чаще встает вопрос о разработке новых моделей, методов и подходов, способных не только выявлять, но также прогнозировать и группировать эмоции, их последствия и влияние на поведение людей. В частности, ряд исследователей указывает на то, что новые методы и подходы могут оказаться полезными на финансовых рынках [3]. Кроме того, реалии современной жизни показывают, что невозможно ограничиться одним методом для полноценного прогнозирования.

Современные ученые подчеркивают, что с точки зрения информационных технологий и достижений в психологии и медицине, использование шаблонных систем классификации эмоций - пережиток прошлого. В то время, как системы машинного обучения трансформируются, производительность и скорость обработки информации растут, а с ними и расширяются функции, с которыми можно работать на различных уровнях и в рамках различных классов нейросетей. И за всю историю развития глубокого обучения, именно современность толкает разработчиков на создание уникальных продуктов, способных расширять возможности различных групп потребителей [4]. Однако, если приобщить к данному поиску философию распознавания сути вещей - онтологию, то можно предположить, что результат такого исследования будет более точным, так как по мнению специалистов, модель онтологии не только фиксирует эмоциональные состояния/изменения, но также способствует передаче этих данных в рамках указанной в алгоритмах классификаций, и в отношении запрограммированных показателей [5].

При этом, необходимо учесть особенности современных технологий и систем, которые могут как оказаться полезными в процессе распознавания эмоций, так и наоборот, оказаться бесполезными для реализации оперативного распознавания.

Обоснование конкретных результатов сложных и непрозрачных моделей поведения людей, их реакций и эмоционального отклика требует тщательного обоснования для улучшения оценки рисков, минимизации потери доверия и продвижения более устойчивой и заслуживающей доверия системы взаимодействия [6; 7]. Для этого можно воспользоваться объяснимым искусственным интеллектом (ХАИ), который, на данном этапе активно привлекается к решению финансовых вопросов и задач. ХАИ - это инновационная система обработки данных, которая подстраивается под понятийный аппарат человека и таким образом обосновывает решения на уровне понятных для людей категорий [8].

В данном ключе важно отметить, что зарубежные исследователи активно указывают на необходимость применения методов глубокого обучения, в рамках которых и можно реализовывать распознавание эмоций. При чем, как уже отмечалось ранее, важным аспектом является применение комплексного подхода, так как отдельные методы не способны обработать всю эмоциональную палитру, свойственную человеку [9; 10].

Все это указывает на то, что выбранная тема актуальна и требует практического подхода к изучению.

## Методы

Рассматривая гипотезу о том, что онтология может стать ключевой основой для оперативного распознавания эмоций, приведем данные по изучению методов распознавания эмоций с опорой на глубокое обучение и обработку данных при помощи системы ХАИ.

Объединим возможности онтологии и ХАИ для обновления системы распознавания эмоций. С этой целью рассмотрим ключевые методы ХАИ и онтологии в области распознавания эмоций, обоснуем выбор языковых систем и баз данных.

Рассмотрим возможности нового метода, основанного на сочетании ХАИ и онтологии. Таким методом стал УО ХАИ и ЭМОКА

(комбинированный метод упрощенных объяснений и метод описания эмоций на основе контекстных данных о выражениях тела).

В таком ключе предложенный метод распознавания эмоций может считаться новым, но требующим практического изучения.

Практическая часть работы включает расчет его вероятной эффективности на основании математического метода исследования.

### Результаты и обсуждение

Эмоции — это специфические реакции на пережитое событие [11]. В области когнитивной психологии термин «эмоция» относится к «специфическим наборам физиологических и психических предрасположенностей, запускаемых мозгом в ответ на воспринимаемую значимость ситуации или объекта» [11], что говорит о необходимости формирования ансамблевой структуры данных, в рамках которой будут учитываться действия человека - его реакции на внешние раздражители, которые можно охарактеризовать, как эмоциональный отклик и непосредственный перечень таких реакций, характеризующих базовую эмоцию. В данном ключе важно отметить, что, теории когнитивной психологии предполагают, что

индивидуальная интерпретация ситуации или события влияет на эмоции и поведение. При этом, если учитывать, что эмоциональные реакции опосредуются речью, выражением лица, жестами тела или физиологическими сигналами, то необходим метод распознавания, который должен опираться на открытые Интернет-ресурсы, которые позволяют систематизировать данные и сформировать необходимые алгоритмы распознавания (табл. 1). Представляется возможным использование постановочных сюжетов, которые представлены фотографиями актеров, отражающих те или иные эмоции. Подобные связи формируются за счет программного обеспечения, которое выбирается конструкторами разработчиками системы, которая будет реализовывать заложенные действия по выявлению эмоций (в частности, это может быть операционная система, имеющая доступ к Интернет ресурсам, или задействованный ИИ, основанный на современных компьютерных системах высоких мощностей, например ARM Cortex-A53). Такой подход не требует дополнительных поисковых затрат от непосредственного пользователя, но, возможно, приведёт к увеличению периода анализа, так как предполагает работу с большим объемом данных.

Таблица 1

Система обозначений для внедрения алгоритма распознавания эмоций

№ п/п	Показатель	Обозначение	Вычисление
1.	Скорость	U	$U=ST$ , где T - расширение картинки
2.	Факторы, влияющие на реакцию человека	Jx	$Jx = \sqrt{\frac{F}{H} * R}$
3.	Объем/количество воспринимаемых данных	S	$S = \omega Jx$
4.	Включенность человека/погруженность в эмоции	H	$H = \frac{RFJx}{y}$ , где y- конкретный момент времени, определяющий реакцию
5.	Реакции тела	R	$R = nJx$ , где n - количество возможных движений тела отвечающих за определённую эмоцию

6.	Физиологические особенности - возраст/национальность/пол	F	$F = \frac{HR}{J_{xy}}$
----	---	---	-------------------------

Обобщая представленные данные, можно выявить эффективность распознавания эмоций разными методами. Однако, необходимо учитывать не только перечисленные показатели, но также и возможности системы фиксировать изменения мимики и жестов. Такую возможность предоставляют системы, включающие распознавание через онтологию. Так как, если рассматривать систематизацию эмоций в рамках онтологии, то выстраивается модель, которая предполагает, что эмоции являются психологическими связями, построенными из более базовых психологических компонентов. Кроме того, стандартизация представлений эмоций с помощью закрытого набора знаменателей эмоций воспринимается как слишком ограничительная.

Опираясь на адаптированную языковую систему ЕММА, которая представляет собой многомодальную систему распознавания и интерпретации данных [12], рассмотрим возможность использования алгоритмов распознавания эмоций с учетом вводных данных по ключевым эмоциональным состояниям. Язык ЕММА предназначен для решения неопределенности в интерпретациях, при условии использования философского подхода. В частности, онтология позволяет интерпретировать проявления эмоций, как общего знания о них, что предполагает множественные интерпретации одного ввода или вывода. В контексте информационных систем онтология определяет набор концептуализаций и примитивов представления, с помощью которых можно моделировать область знаний или дискурса. Структурный синтаксис ЕММА довольно прост и предоставляет элементы для организации интерпретаций, что предполагает анализ отдельных элементов (в данном вводе проявлений эмоций). К таким элементам относят корень (контейнер с информацией о версии и вариациях эмоциональных проявлений), элемент интерпретации (контейнер, имеющий в своей основе описательный/литеральный элемент).

Разметка ЕММА предназначена для автоматической генерации и активного подстраивания компонентов и, в данной адаптированной версии, рассматриваемый язык будет позволять оперативно распознаватель эмоциональные проявления индивидов. При синтезе ЕММА и EmotionML (язык автоматического распознавания эмоций по данным датчиков, записям речи и т. д., который также способен выявлять системные реакции, порожденные эмоциями, с учетом анализа их эмоциональных аспектов, например, в интерактивных системах) может использоваться «язык-хост», для покрытия интерпретации эмоций, так что вся информация EmotionML кодируется в структурах элементов и атрибутов. Синтезируя данные протоколы, можно заложить системный анализ эмоциональных состояний, например «скука», опираясь на следующую формулу:  $E = U[(JxHFR)/y]$ , где E - конкретная эмоция, в рассматриваемом случае «скука». Вышеуказанная формула может включать и дополнительные данные, которые также будут характеризовать возможности сочетания выбранной ИИ с основами онтологии в рамках процессов распознавания эмоций, но в таком случае ее необходимо будет рассматривать как многоуровневое уравнение из суммы ряда функций. Представим ее на основе библиотеки данных ЕММА, в рамках закодированной структуры через EmotionML:

```
<emma: emma version = "2.0" xmlns: emma = "http://www.w3.org/2023/04/emma" xmlns: "http://www.w3.org/2019/10/emotionml">
```

```
<emma:interpretation emma: start=items = [ E равно перемноженному множеству переменных U, J,H, F,R с учетом неизвестной степени x и y ] for texified in texificator.doit(items): render(texified) F=U[(J,K,H,Px,Tx).(S,M,W)] emma: end>
```

Система синтеза языков ЕММА и EmotionML позволяет опираться на метод объяснения путем упрощения, который приближает сложные модели к более простым. Основное объяснение проблемы упрощения заключается в том, чтобы гарантировано преобразовывать гибкие простые модели, расшифровывая сложные задачи и повышать общую эффективность работы за счет сравнения точности выполненных задач в соответствии с заданной классификацией/алгоритмом. Методы обучения на основе правил и дерева решений являются методами упрощения для объяснений, не зависящих от модели. Объяснения, специфичные для модели, также могут использовать дистилляцию упрощенных объяснений. Примером такой категории объяснений является рекурсивный алгоритм извлечения правил и дерева решений, который позволяет включать стандартные данные и получать наибольшее количество вероятностей по анализируемой проблеме. Эти системы генерируют интерпретируемые правила для методов оценки эмоций на основе машинного обучения. При этом, методы ХАИ разнообразны и также могут быть подстроены

под необходимость реализации анализа эмоциональных состояний. Рассматриваемый ИИ имеет огромный потенциал в плане реализации различных направлений в прогнозировании и распознании эмоциональных состояний. Но, чтобы полностью раскрыть потенциал ХАИ, необходимо сосредоточиться на объяснении решений, принимаемых алгоритмом ХАИ. Предоставление четкого и краткого объяснения каждой переменной является критически важным аспектом. При использовании числового кодирования крайне важно указать значение каждой переменной.

Рассматривается метод, который можно назвать перспективным при условии соблюдения ряда важных аспектов: применение сочетаний языковых систем, гибридных методов распознания эмоций и библиотек, основанных на теориях онтологии, позволяющих классифицировать эмоции с высокой степенью вероятности, при наименьших затратах. Наиболее подходящими представляются такие методы онтологии, которые смогут распознавать, как базовые, так и индивидуальные эмоции (табл. 2)

**Таблица 2**

**Человеческие эмоции в контексте онтологии в рамках информационных технологий**

<b>Онтология</b>	<b>Цель</b>	<b>Концептуализация</b>	<b>Возможность кодировать эмоции</b>
ЭМОКА	Представлять эмоции в связи с контекстной информацией и выражениями тела	EmOCA ограничена фобиями и филиями; цепочка обработки эмоций выглядит следующим образом: от данных датчиков к размерной модели, затем через онтологию к базовой модели.	Базовые и пространственные
Контекстуальная онтология	Получить связь между эмоциональными состояниями и контекстными элементами	Базовая модель Экмана используется для вывода трех состояний: положительного, отрицательного и нейтрального.	Базовые
Формальная контекстная модель	Рассмотреть такие вопросы, как семантический	Моделирование контекстов пользователей включает: профили пользователей, данные	Базовые и пространственные

	<p>контекст, представление, рассуждение, классификация, зависимость и качество контекста.</p>	<p>ЭЭГ, факторы ситуации и окружающей среды.</p>	
--	---	--	--

Как показано в таблице, онтология распознавания человеческих эмоций, основанная на инновационных технологиях способна быстро распознавать как базовые, так и более глубокие эмоции. Но, также важно учитывать с какой базой будет работать заложенный алгоритм распознавания. Наборы данных могут помочь ускорить ход работы, предоставляя эталонный ресурс для анализа и сравнения производительности системы перед тем, как приступить к работе с ней в реальных условиях. Предложенная модель сочетания EMMA+ EmotionML на базе ХАИ и метода

упрощенных объяснений (УО ХАИ) предполагает проведение быстрого анализа сиюминутного эмоционального состояния человека, которое не требует заполнения анкетных данных или проверочных тестов. Суть комбинации метода УО ХАИ и ЭМОКА – использование известных баз данных, с учетом вероятности наступления эмоционального состояния под воздействием тех или иных событий. Как результат, в основе метода лежит факторный анализ, который позволяет в режиме реального времени распознавать эмоции (рис.1).

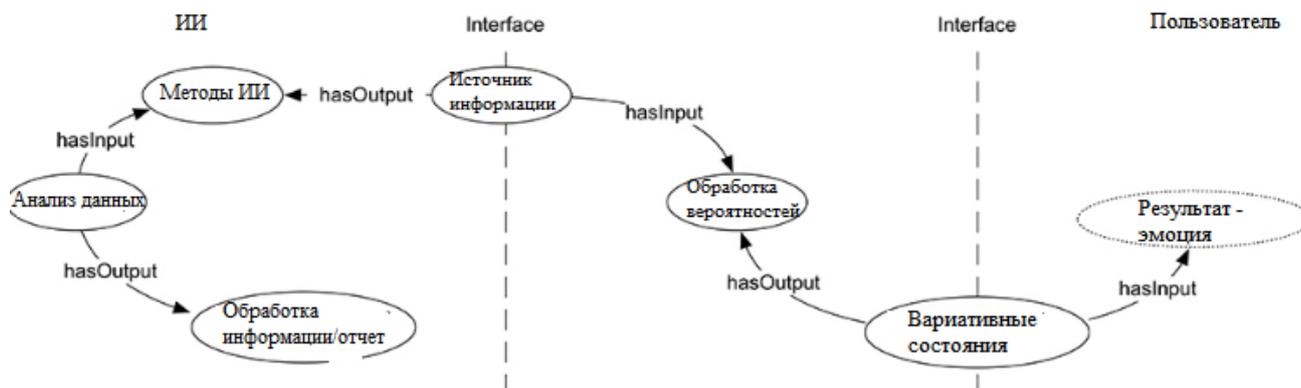


Рисунок 1. Алгоритм работы рассматриваемой системы распознавания эмоций на основе онтологии знаний

УО ХАИ в данном контексте позволяет обработать небольшой объем данных и предоставить оптимальные результаты, так как представленный метод основывается на системе анализа оболочки представленных известных. Методика анализа оболочки предполагает классификацию эмоций по статистическим данным, которые хранятся в заложенной библиотеке. В тоже время как ЭМОКА позволяет сократить количество признаков/размерности и стремится преобразовать многомерные данные в понятное представление более низких измерений. Это возможно благодаря самому онтологическому подходу, который

предполагает анализ данных на основе минимального набора известных.

Точность представленного метода можно рассчитать по следующему уравнению:

$$P_{rec} = \frac{TP}{TP + FP} * 100$$

В рамках которой, рассматриваются подтвержденные TP и подтверждено неверные решения FP.

Предложенный метод нацелен не только на оптимизации системы распознавания эмоций, но также на обновление самого

подхода к данному решению, так как позволяет задействовать минимальные ресурсы для анализа, что может заинтересовать различные службы, а также отдельных представителей бизнеса.

В нашей социальной среде контекст оказывает значительное влияние на эмоции человека. Связь между эмоцией и ее причиной можно лучше понять при исследовании контекста. На основе наблюдаемой контекстной информации можно лучше понять ситуацию, которая вызывает эмоциональное состояние. Поэтому требуется соответствующая контекстная информация, такая как: место, время, вещи в окружающей среде и т. д. Сегодня контекстная осведомленность была введена как ключевая функция в проектах по распознаванию эмоций, которые демонстрируют релевантность и эффективность.

Следовательно, для работы метода важно не только объединять языки и системы, но и выбор концепции онтологии также играет не маловажную роль.

Также важно учитывать и то, что онтология эмоций и познания была запланирована как модель, не зависящая от теории эмоций. Таким образом, она способна предоставлять требуемые механизмы для моделирования реальности и связывания ее с эмоциональными реакциями, но без привязки к определенному способу организации этих эмоциональных реакций.

Следовательно, предложенная модель сочетания ЕММА+ EmotionML на базе ХАИ и метода упрощенных объяснений позволяет представить оптимальный анализ эмоциональных состояний при условии использования онтологической основы знаний. Рассмотренный метод УО ХАИ и ЭМОКА представляется одним из возможных методов сокращающих объем анализируемых данных и как следствие ускоряющих сам процесс анализа.

## Выводы

Гибкость онтологии эмоций и познания во многом обусловлена включением общих

концепций, для моделирования взаимодействий между агентом и его средой, что является основополагающим в теориях эмоций, основанных на оценке и зависящих от уровня развития современных технологий.

В данном исследовании интерфейс между агентом и средой был построен на сочетании языков программирования ЕММА+ EmotionML, которые были заложены в работу на базе ХАИ и метода упрощенных объяснений. В результате мы получили связь между когнитивными процессами, заложенными в ИИ и заданными простейшими моделями эмоционального поведения. На примере скуки был показан алгоритм выявления эмоции, как быстрая и упрощенная процедура, что может оказаться полезным для разработчиков новых баз эмоциональных состояний.

Предложенный метод УО ХАИ и ЭМОКА, безусловно, требует практического применения и проверки, но уже на данном этапе можно говорить, что он позволит сократить время анализа и предоставить информативные и правильные результаты проверок эмоциональных состояний в режиме реального времени.

В то же время, необходимо отметить, что в ближайшей перспективе необходимо реализовать более глубокое исследование рассмотренного метода, которое выявит как слабые стороны, так и его преимущества над уже существующими.

## Список литературы:

1. Wang Z., Ho S.B., Cambria E. A review of emotion sensing: categorization models and algorithms//International Journal Uncertainty, Blurriness and Knowledge-based Systems. 2020. №79(47-48). pp. 35553–35582. doi:10.1007/s11042-019-08328-z. URL: [https://ink.library.smu.edu.sg/cgi/viewcontent.cgi?article=6369&context=sis\\_research](https://ink.library.smu.edu.sg/cgi/viewcontent.cgi?article=6369&context=sis_research)
2. Latif S., Cuayahuitl H., Pervez F., Shamshad F., Ali H. S., Cambria E. A survey on deep reinforcement learning for audio-based applications//Artificial Intelligence Review 2023. №56 (2023). pp. 2193-2240. DOI:10.1007/s10462-022-10224-2. URL:

- <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10462-022-10224-2.pdf>
3. Farimani S.A., Jahan M.V., Fard A.M., Tabbach S.R.K. Investigating the informativeness of technical indicators and news sentiment in financial market price prediction//Knowledge-based Systems. 2022. №247. pp. 108742. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2022.108742>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095070512200346X>
  4. Minaee S., Kalchbrenner N., Cambria E., Nikzad N., Chenaghlu M., Gao J. Deep Learning--based Text Classification// ACM Computing Surveys. 2021. №54(3). p.1–40. doi:10.1145/3439726. URL: <https://arxiv.org/pdf/2004.03705>
  5. Cavaliere D., Senatore S. Emotional Concept Extraction Through Ontology-Enhanced Classification//In the Works Scientific Research Conference on Metadata and Semantic Research. 2019. vol 1057. pp. 52-63. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-36599-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36599-8_5). URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-36599-8\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-36599-8_5)
  6. Elkobaisi M. R., Al Machot F., Mayr H. C. Human emotion: a survey focusing on languages, ontologies, datasets and systems//SN Computer Science 2022. vol 3. №4 pp. 282. <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01116-x>. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42979-022-01116-x.pdf>
  7. Elkobaisi M.R., Mayr H.C., Shekhovtsov V. A. Conceptual human emotion modeling// In: Advances in Conceptual Modeling, ER Workshops. 2020. №2020. pp. 71–81. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-65847-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-65847-2_7). URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-65847-2\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-65847-2_7)
  8. Ермаков В. Объяснимый ИИ: как сделать алгоритмы более прозрачными и понятными//<https://vc.ru/u/3352034-vlad-ermakov/1194643-obyasnimyi-ii-kak-sdelat-algoritmy-bolee-prozrachnymi-i-ponyatnymi>
  9. Koratamaddi P., Wadhvani K., Gupta M., Sanjivi S.G. A Multi-Agent Reinforcement Learning Approach for Stock Portfolio Allocation// Proceedings of the 3rd ACM India Joint International Conference on Data Science & Management of Data. 2021. №24(4). pp. 410. DOI: 10.1145/3430984.3431045. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3430984.3431045>
  10. Reis J. C., Correia A., Murai F., Veloso A., Benevenuto F. Supervised learning for fake news detection// IEEE Intelligent Systems. 2019. №34(2). pp. 76-81. doi:10.1109/mis.2019.2899143. URL: <https://sentic.net/supervised-learning-for-fake-news-detection.pdf>
  11. Akhtar M. S., Ghosal D., Ekbal A., Bhattacharyya P., Kurohashi S. All-in-one: Emotion, Sentiment and Intensity Prediction Using a Multi-Task Ensemble Framework//IEEE Transactions on Affective Computing. 2019. №13(1). pp. 285-297. DOI:10.1109/TAFFC.2019.2926724. URL: <https://www.cse.iitb.ac.in/~pb/papers/ieee-toac-sa.pdf>
  12. Johnston M., Dahl D.A. EMMA: Extensible MultiModal Annotation markup language Version 2.0 // [https://w3c.github.io/emma/emma2\\_0/emma2\\_0\\_editor\\_draft.html](https://w3c.github.io/emma/emma2_0/emma2_0_editor_draft.html). URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42816-1\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42816-1_3)