

УДК 506.1, 519.7

Ю.Ю. Шамаева¹, А.А. Подорожняк², Н.Ю. Любченко³¹Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков²Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков³Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

РАСПОЗНАВАНИЕ КОНЦЕПТОВ ЭМОЦИЙ В ЛИНГВИСТИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрен подход к использованию нейросетевых технологий при решении задач возникающих в процессе распознавания концептов эмоций в лингвистическом процессоре экспертной системы. Предлагается для выделения эмоциональной насыщенности естественно-языковых текстов использовать трехслойную прямонаправленную нейросеть с радиальными функциями возбуждения, позволяющую реализовать проблемный анализ и распознавание в режиме реального времени. Представлены варианты реализации предложенного метода.

Ключевые слова: эмоциональный концепт, экспертная система, прямонаправленная нейросеть, распознавание естественно-языковых текстов, лингвистический процессор.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. Совершенствование существующих и разработка принципиально новых систем распознавания текста является в настоящее время важной задачей в теории и практике совершенствования систем экспертных систем специального назначения. Известно достаточно большое количество публикаций, посвященных данному вопросу, а также разработано немало различных технологий распознавания [1]. Наиболее популярными методами в решении подобного класса задач являются статистические методы распознавания использующие априорные знания о частоте применения знаков, звуков и образов в текстовой и вербальной информации, спектральные характеристики речи [2]. Кроме того, достаточно часто употребляемыми являются так называемые лингвистические методы распознавания, основанные на заданном словаре и правилах обработки информации.

Однако, наряду с очевидными достоинствами [3], лингвистические методы распознавания обладают рядом существенных недостатков, таких как:

– повышенная чувствительность данных систем к возможной изменением в используемом словаре и различным модификациям правил произнесения (написания) слов и предложений для разных авторов текста и речи;

– количество вычислений, используемых при таких методах, достаточно велико и резко возрастает при необходимости увеличения точности распознавания, что обуславливает определённые трудности при обеспечении режима реального времени.

Таким образом, актуальными являются исследования, связанные с разработкой систем распозна-

вания, в той или иной степени свободных от указанных недостатков.

В данной статье предлагается новый подход к построению систем распознавания естественно-языковых текстов, основанный на использовании нейронных сетей.

Общепризнанным является тот факт, что искусственная нейронная сеть (ИНС) – это параллельная, существенно распределённая и адаптивная технология обработки информации. При этом вычислительная мощность ИНС определяется двумя фундаментальными свойствами, присущими только нейросетям [4]:

– существенно параллельной распределённой структурой (с возможностью модификации собственной топологии);

– способностью к обучению и репрезентации полученных знаний.

Благодаря исключительно высокой скорости обработки информации, способности к обучению и репрезентации знаний, а также способности нейросетей осуществлять сложные нелинейные преобразования "вход-выход", ИНС в настоящее время являются одной из лучших технологий, применяемых для обработки сигналов. В течение последних лет ИНС успешно применялись в различных областях науки и техники [5 – 8], таких как обработка эмоционально окрашенных текстовых блоков [9], обработка и анализ речи, классификация образов, спектральный анализ, оценка параметров, оптимизация и др.

Целью данной работы является разработка нейросетевого подхода к построению систем распознавания эмоциональной насыщенности естественно-языковых текстов в экспертных системах – нейросетевых систем распознавания концептов эмоций (НССРКЭ).

Именно возможность репрезентации знаний, полученных нейросетью в процессе обучения и способность правильно реагировать не только на сигналы, предъявленные в процессе тренировки, но также генерировать правильные выходы для входных сигналов, которые не были задействованы в процессе обучения, в совокупности с колоссальной скоростью собственно работы (обобщения) и послужили определяющими факторами при выборе ИНС, как наилучшего кандидата для разработки системы распознавания, удовлетворяющей поставленной цели.

Результаты исследований

Попытки формализовать интеллектуальную деятельность человека привели к постановке фундаментальной лингвистической задачи, состоящей в моделировании его языкового поведения, т.е. в построении функциональной модели естественного языка.

Естественный язык служит человеку для выражения собственных мыслей и для понимания мыслей других людей. Первому виду языковой деятельности соответствует производство естественно-языковых текстов (ЕЯТ), а второму – понимание таких текстов. Если обозначить множество текстов через $\{T\}$, а множество выражаемых ими смыслов через $\{C\}$, то модель естественного языка можно определить как транслятор, устанавливающий соответствие между этими двумя множествами: $\{T\} \Leftrightarrow \{C\}$ [3].

Формальные модели языка рассматриваются как компоненты различных прикладных ЕЯ-систем [2]. Компонента экспертной системы, реализующая формальную лингвистическую модель и способная работать с ЕЯТ во всем объеме, называется лингвистическим процессором (ЛП).

Две основные функции ЛП в экспертных системах состоят в извлечении смысла из заданного текста и в выражении заданного смысла текстом на ЕЯ, иначе это функции:

- моделирования понимания (анализ);
- моделирования производства текстов (синтез).

Формальная модель, лежащая в основе ЛП, является наиболее полной моделью класса «Смысл \Leftrightarrow Текст». Такая модель обеспечивает получение связанных синтаксических структур для всех предложений обрабатываемых текстов в экспертной системе (ЭС), независимо от степени их сложности, и переработку текстов на естественном языке без смысловых потерь.

Структура и состав лингвистического процессора. Со стороны своего внутреннего устройства лингвистический процессор представляет собой многоуровневый преобразователь. В нем различаются три уровня пофразного представления текста [1] – морфологический, синтаксический и семантический. Каждый из уровней обслуживается соответ-

ствующим компонентом модели – массивом правил и определенным словарем. На каждом из уровней предложение имеет формальный образ, именуемый в дальнейшем его структурой – морфологической (МорфС), синтаксической (СинтС) и семантической (СемС). Синтез представляет собой обратный переход от СемС предложения к его записи в обычном орфографическом виде. Структура лингвистического процессора представлена на рис. 1.

Под морфологической структурой понимается последовательность входящих в анализируемое предложение слов с указанием части речи и морфологических характеристик (падежа, числа, рода, одушевленности, вида и т.п.).

Под синтаксической структурой понимается дерево зависимостей, в узлах которого стоят слова данного естественного языка с указанием части речи и грамматических характеристик, а дуги (стрелки) соответствуют специфичным для данного естественного языка отношениям синтаксического подчинения.

Под семантической структурой понимается дерево зависимостей, в узлах которого стоят либо предметные имена, либо слова универсального семантического языка, а дуги соответствуют универсальным отношениям семантического подчинения, таким, как аргументное, атрибутивное, конъюнкция, дизъюнкция, равенство, неравенство, больше, меньше, принадлежит и т.п. Существенным компонентом СемС является информация о кореферентности узлов, т.е. информация о том, в каких случаях речь идет об одном и том же объекте, а в каких – о разных.

Лингвистический процессор в целом должен обеспечивать выполнение следующих преобразований:

– предложение на ЕЯ \Rightarrow МорфС \Rightarrow СинтС \Rightarrow СемС (при анализе);

– СемС \Rightarrow СинтС \Rightarrow МорфС \Rightarrow предложение на ЕЯ (при синтезе).

Таким образом, чтобы построить ЛП, необходимо разработать:

– формальные языки для записи (образов) предложений на морфологическом, синтаксическом, семантическом уровнях представления;

– формальное понятие структуры предложения для каждого из этих уровней;

– массивы правил для преобразования структур смежных уровней друг в друга;

– морфологический, синтаксический и семантический словари, включив в них всю информацию о каждой лексеме, необходимую для осуществления соответствующего преобразования;

– нейросетевые блоки проблемного анализа.

Цель анализа предложения на естественном языке – перевод их на машинный язык (М-язык) вычислительной системы.

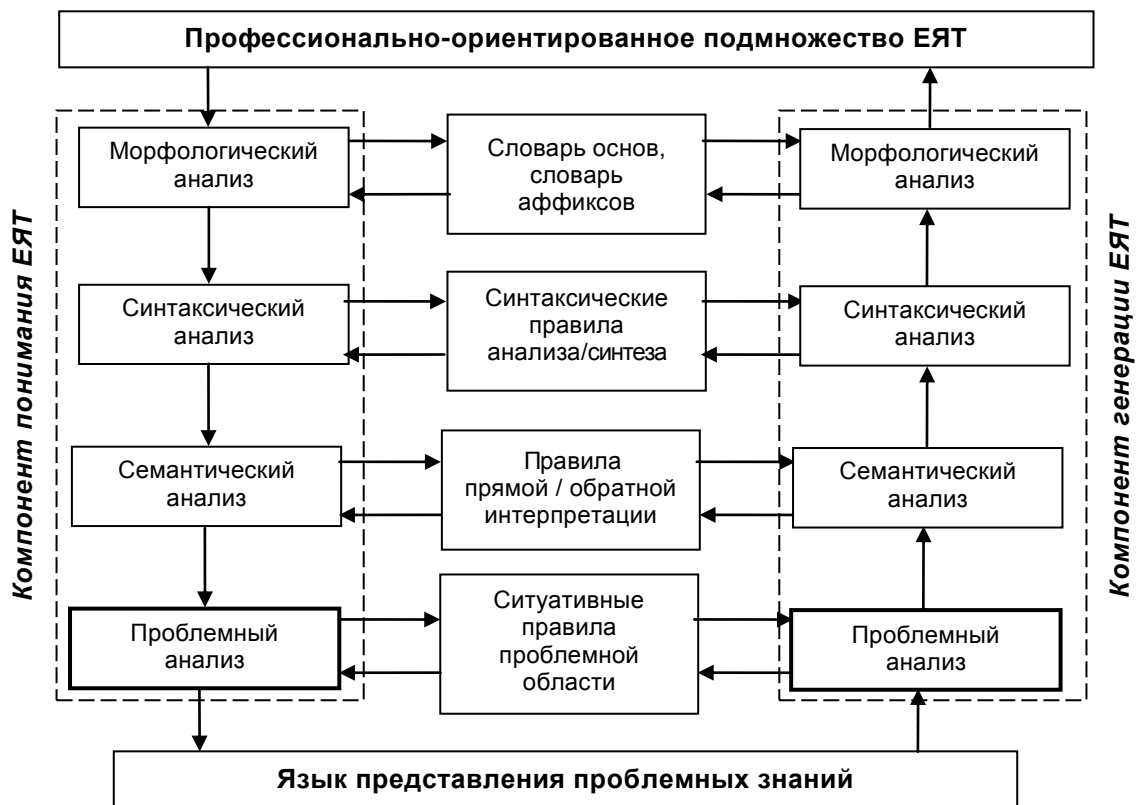


Рис. 1. Структура лингвистического процессора

Функциями анализатора являются:

- распознавание правильно построенных предложений ЕЯ;
- фиксация, локализация и возможность исправления ошибок в ЕЯТ;
- декомпозиция предложения на составляющие (фрагменты) и построение соответствующей синтаксической структуры предложения;
- семантическая интерпретация фрагментов ЕЯ-предложения во фрагменты М-языка;
- композиция фрагментов М-языка в структуру, описывающую ситуацию проблемной среды, в том числе и наличие эмоциональных концептов.

Реализация этих функций осуществляется на этапах морфологического и синтаксического анализов, семантической интерпретации и проблемного анализа. Во многих моделях ЛП два последних этапа объединяются в один этап семантического анализа.

Распознавание с помощью ИНС осуществляется по данным "вход-выход", полученным в ходе эксперимента с объектом распознавания (текстовые данные с различной эмоциональной насыщенностью) и определенными эмоциональными концептами. Объединив эти данные, можно создать полный набор тренировочных шаблонов (НТШ), описывающих наличие заданных эмоциональных концептов во входной информации.

Для обучения необходим следующий НТШ:

$$\Xi: \{x_i, d_i\} \mid_{i=1, \dots, N}, x \in \mathcal{R}^p, d \in \mathcal{R}^m, \quad (1)$$

где x_i – входной шаблон; d_i – выходной шаблон; N – количество шаблонов; p – размер входного шаблона; m – размер выходного шаблона.

Формирование НТШ $\{x, d\}$ осуществляется, как правило, путём моделирования в лабораторных условиях с использованием реальной информации о текстовом (вербальном) значении различных слов и выражений (в том числе идиом) в контексте выявления эмоциональных концептов. При этом группы тестовых входных воздействий и желаемых откликов системы распознавания объединяются в НТШ, наиболее полно описывающие свойства искомым эмоциональных концептов, которые затем используются для обучения ИНС. Важно заметить, что исследователь свободен в выборе количества и структуры тестовых шаблонов, которые (исходя из личного опыта и интуиции исследователя) могут иметь место в качестве входных сигналов в условиях собственно функционирования НССРКЭ.

Ниже приведена методика создания НТШ для обучения ИНС, лежащей в основе НССРКЭ.

Для учёта возможных реконфигураций объекта распознавания необходимо проанализировать (предсказать) возможные (умышленные и естественные) искажения эталонной информации, в качестве которой выступает эмоционально окрашенный текст или речь, и сформировать набор текстовых блоков Ψ , в котором: D – количество возможных реконфигураций объекта распознавания, I_0 – нереконфигурированная (эталонная) информация, I_1 – информация,

подвергнутая реконфигурации первого рода и т.д. Подвергнув каждый из эталонных эмоционально окрашенных текстовых блоков, принадлежащих пространству Ψ , трансформирующему преобразованию по всему континууму значений параметров (возможные умышленные и неумышленные ошибки в произношении, написании слов, а также особенности различных диалектов) сформируем выборку x_i , $i = 1, 2, \dots, N$, называемую *входной выборкой*.

Сопоставив каждому эмоционально окрашенному текстовому блоку x_i вектор соответствующего эмоционального концепта d_i , называемого *вектором желаемого выхода*, сформируем набор тренировочных шаблонов (НТШ) $\{x_i, d_i\}$, описывающих поведение системы распознавания.

Задача построения нейросетевой системы распознавания опирается на общую проблему интерполяции [4], которую для рассматриваемого случая можно сформулировать следующим образом:

По данному набору N эмоционально окрашенных текстовых блоков $\{x_i \in \mathcal{R}^p \mid i = 1, 2, \dots, N\}$ и соответствующему набору векторов эмоциональных концептов (ВЭК) $\{d_i \in \mathcal{R}^3\}$ необходимо найти функцию $F(x)$, которая удовлетворяет следующему условию:

$$F(x_i) = d_i, \quad i=1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

где p – размерность эмоционально окрашенного текстового блока.

Следует отметить, что при такой формулировке проблемы, интерполяционная поверхность (т.е. функция F) должна пройти через *все* точки НТШ.

Однако, на практике, условие (2) можно переписать как

$$\|d_i - F(x_i)\| \leq \varepsilon, \quad (3)$$

где ε – ошибка интерполяции; $\|\cdot\|$ – евклидово расстояние (норма).

С учётом вышеизложенного, задачу нейросетового распознавания концептов эмоций в лингвистическом процессоре можно сформулировать так:

– по набору тренировочных шаблонов $\{x_i, d_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N$ необходимо сформировать ИНС, которая обладает следующими свойствами:

– при поступлении на вход системы текущего эмоционально окрашенного текстового блока u , совпадающего с любым эмоционально окрашенным текстовым блоком из входной выборки x_i , $i = 1, 2, \dots, N$, ИНС должна генерировать на выходе вектор эмоционального концепта $v = F(u) = F(x_i) = d_i$;

– при поступлении на вход системы текущего эмоционально окрашенного текстового блока u , не совпадающего ни с одним из x_i , $i = 1, 2, \dots, N$, однако, принадлежащего пространству входных сигналов, ИНС должна генерировать на выходе вектор эмоционального концепта $v = F(u)$ такой, чтобы среднеквадратическая ошибка распознавания не превосходила некоторой наперед заданной величины, т.е. $\|v - d_i\| \leq \varepsilon_{\text{доп}}$.

Проведенный анализ показал [9, 10], что для задач распознавания целесообразно использовать трёхслойную прямонаправленную сеть с радиально-базисными функциями (РБФ-сеть).

В общем случае РБФ-сеть состоит из трёх слоёв нейронов. Первый – "входной" слой, служит для приёма и ретрансляции входного сигнала. Нейроны второго – "скрытого" слоя, осуществляют нелинейное преобразование входных сигналов. Нейроны третьего – "выходного" слоя осуществляют суммирование взвешенных выходных сигналов скрытого слоя и формируют выход сети.

Алгоритм синтеза и обучения РБФ-сети при распознавании концептов эмоций приведен авторами ранее [10]. При этом целью работы нейроконтроллера (НК) является выработка в процессе функционирования управляющего воздействия (вектора коррекции), обеспечивающего требуемое (оптимальное или квазиоптимальное) поведение компонента генерации ЕЯТ. Оптимальность здесь понимается в смысле минимума среднеквадратической ошибки распознавания. Структурная схема НССРКЭ как системы управления приведена на рис. 2.



Рис. 2. Структурная схема НССРКЭ как системы распознавания

Использование ИНС в качестве НССРКЭ позволяет решить задачу распознавания путём создания адаптивной к реконфигурации эмоциональных концептов ЕЯТ обучаемым НК. При этом, под обучением здесь понимается процесс выработки НССРКЭ желаемой реакции на внешние сигналы – вектора коррекции, а под адаптацией – оптимизация в условиях недостаточной априорной информации [1, 4]. Структурная схема такой адаптивной системы управления с обучаемым НК представлена на рис. 3.

Аппаратная реализация нейросети, являющейся ядром предложенной НССРКЭ может быть осуществлена специализированными аппаратными средствами, например Intel 80170 chip set, Intel EMV Multi-Chip Board [4]. Программно такая ИНС может быть реализована с помощью универсальных микропроцессоров либо специализированных процессоров цифровой обработки.

По своей сути НССРКЭ представляет собой частный случай классической системы распознавания [1], однако, её характерной особенностью является отсутствие априорных знаний о математической модели объекта управления (плотности вероятностей случайных внешних воздействий либо дифференциальных уравнений, описывающих поведение системы); доступными для анализа и синтеза являются только её входы и выходы.

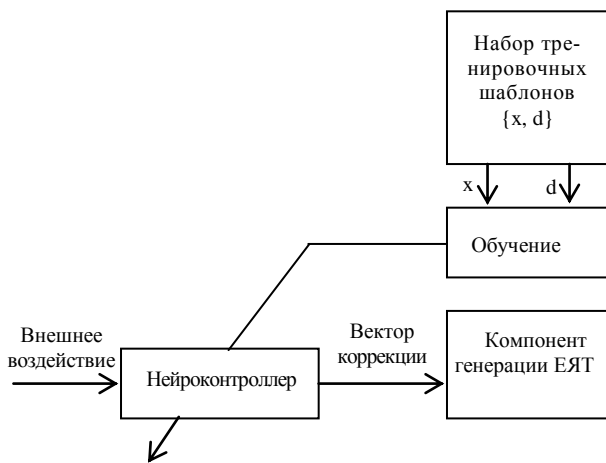


Рис. 3. Адаптивная система распознавания с обучаемым НК

Выводы

В данной статье была представлена НССРКЭ на основе РБФ-сети для решения задач распознавания эмоциональных концептов в естественно-языковом тексте с помощью лингвистического процессора экспертной системы. Предложенная система позволяет успешно решать поставленную задачу в случае реконфигурации (наличия случайных и преднамеренных ошибок в речи и тексте, различных диалектных особенностях и т.д.) объекта распознавания.

Целью дальнейших исследований авторов является построение и исследование характеристик программно-аппаратного комплекса, реализующего приведенный в данной работе подход. Особый интерес вызывает возможность применения предложенных решений для сложных иерархических систем, где существенным является знание эмоциональной окраски функционирующей информации.

Список литературы

1. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход: пер. с англ. / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1408 с.

2. Нейросетевой метод представления и нейросетевое распознавание частотно-временных векторов речевой информации [Электронный ресурс] / Ю. Бяковский, А. Жирков, Д. Корчагин, А. Лукин, А. Крылов // Программирование. – М.: МГУ, 2003. – Вып. 4. – С. 41-52. – Режим доступа к документу: (<http://graphics.cs.msu.ru/en/publications/text/prog2003zh.pdf>).

3. Лингвистический процессор для сложных информационно-языковых систем / Ю.Д. Апресян, И.М. Богуславский, Л.Л. Йомдин и др. – М.: Наука, 1992. – 256 с.

4. Haykin S. *Neural networks: a comprehensive foundation* / S. Haykin. – New York: Macmillan College Publishing Company, 1994. – 691 p.

5. Хакен Г. Синергетика, межуровневые нейронные сети и когнитивные карты / Г. Хакен, Дж. Португали // Синергетика и психология: Выпуск 3: Когнитивные процессы; под ред. В.И. Аршинова, И.Н. Трофимовой, В.М. Шендяпина. – М.: Когито-Центр, 2004. – С. 129-154.

6. Kussul N. *Comparative analysis of neural networks and statistical approaches to remote sensing image classification* / N. Kussul, S. Skakun, O. Kussul // Intern. Sci. J. of Computing. – 2006. – 5, № 2. – P. 93-99.

7. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с.

8. Капитонова Т.А. Нейросетевое моделирование в распознавании образов: философско-методологические аспекты / Т.А. Капитонова. – Минск: Белорусская наука, 2009. – 376 с.

9. Распознавание эмоциональной насыщенности информации в системах критического применения / Н.Ю. Любченко, А.О. Подорожняк, В.В. Стадник, Ю.Ю. Шамаева // Матеріали НПК „Наглядно-профілактична діяльність МНС України”. – Х: УЦЗУ, 2009. – С. 86.

10. Подорожняк А.О. Нейросетевой метод распознавания концептов эмоций / А.О. Подорожняк, Ю.Ю. Шамаева // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2009. – Вип. 6 (80). – С. 130 – 133.

Поступила в редколлегию 4.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

РОЗПІЗНАВАННЯ КОНЦЕПТІВ ЕМОЦІЙ В ЛІНГВІСТИЧНОМУ ПРОЦЕСОРІ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ

Ю.Ю. Шамаєва, А.О. Подорожняк, Н.Ю. Любченко

Розглянутий підхід до використання нейромережових технологій при вирішенні завдань, що виникають в процесі розпізнавання концептів емоцій, в лінгвістичному процесорі експертної системи. Пропонується для виділення емоційної насиченості природно-мовних текстів використовувати тришарову прямоспрямовану нейромережу з радіальними функціями збудження, що дозволяє реалізувати проблемний аналіз і розпізнавання в режимі реального часу. Представлені варіанти реалізації запропонованого методу.

Ключові слова: емоційний концепт, експертна система, прямоспрямована нейромережа, розпізнавання природно-мовних текстів, лінгвістичний процесор.

RECOGNITION OF EMOTION CONCEPTS IN THE LINGUISTIC PROCESSOR OF EXPERT SYSTEM

J.Y. Shamaeva, A.A. Podorognyak, N.Y. Lubchenko

Going near the use of neuronets technologies is considered at the decision of tasks of arising up in the process of recognition of emotion concepts in the linguistic processor of expert system. It is suggested for a selection the emotional saturation of naturally-linguistic texts to use three-layered forwarddirection neuronet with the radial basis functions, allowing to realize a problem analysis and recognition in the mode of the real time. The variants of realization of the offered method are presented.

Keywords: emotional koncept, expert system, forwarddirection neuronet, recognition of naturally-linguistic texts, linguistic processor.