

Ю.П. ЛАНКИН, И.Е. КИМ
Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск
Красноярский государственный университет
E-mail: lankin3@yahoo.com

РАЗРАБОТКА ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА СЕТЯХ С САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ АДАПТАЦИЕЙ

Аннотация

В работе описаны исследования, направленные на разработку экспериментальной адаптивной модели русского языка, создаваемой на базе нейронных сетей с самостоятельной адаптацией. Модель конструируется с целью преодоления имеющихся трудностей в распознавании русской речи и апробации возможности моделирования локальных микрокартин мира в областях речевых коммуникаций.

Язык как продукт человеческого мозга, являющегося частью живых организмов, можно, в свою очередь, рассматривать как некую информационно-коммуникационную среду, надстроенную над биологическими и социальными системами. Существует представление, что не язык живет в человеке, а человек живет в языке, который формирует психику, способы мышления, коммуникации и деятельности. В этом смысле язык является интересным объектом для изучения и моделирования средствами нейротехнологий как сам по себе, так и в качестве средства понимания организации информационных процессов в естественных природных системах.

По ряду причин попытки моделирования языка в системах распознавания и понимания человеческой речи, а также эксперименты по созданию человеко-машинных диалоговых систем проводились до сих пор в основном методами «искусственного интеллекта» [1], базирующимися на принципах логического конструирования с элементами эвристики. Несмотря на то, что понимание ограниченных возможностей логики в описании сложных явлений окружающего мира, и, в частности, в построении кибернетических моделей языка [2], существовало уже давно, окончательное понимание пришло только после фактического провала амбициозных планов ЭВМ 5-го поколения [3], ориентированных на взаимодействие с реальным миром и понимание естественного языка. Оказалось, что попытки построения языковых моделей сталкиваются с экспоненциальным нарастанием сложности системы уже на первых этапах ее конструирования.

Это связано с тем, что язык, как средство описания реальности, отражает в себе ее свойства, выражающиеся в многочисленных ассоциативных связях между объектами и явлениями, учесть которые в логических модельных конструкциях не представляется возможным. Казалось бы, простые, с точки зрения привычного обыденного восприятия, представления формируются через мощные пласты взаимосвязанных и взаимоперекрывающихся картин и звуковых образов, рассредоточенных в пространстве нейронных сетей человеческого мозга. Так, в известной нейропсихологической работе [4] мыслительные процессы описываются следующим образом: «Голографические изображения представляют собой прекрасные ассоциативные механизмы, они успешно и мгновенно выполняют кросс-корреляционные функции. Именно эти свойства и приписывают мышлению в процессе решения задач - трудность состоит в том, чтобы выяснить, какой нервный механизм участвует в этом процессе».

Идея о изоморфности информационных структур мозга отражаемым им структурам окружающего мира выражена Карлом Прибрамом в следующем виде: «Таким образом, ученые приходят к мысли о том, что внешний мир построен по голографическому и структурному принципам, подобно тому, как мы пришли в этой книге к выводу о голографической и структурной организации нервной системы. Следовательно, Келер был прав, предполагая, что между мозгом и другими физическими устройствами существует известный изоморфизм» [4]. Экологическим аспектам сходства принципов информационной организации мозга и неравновесных природных систем посвящена работа [5].

Описанные выше проблемы возникают не только при попытках создания моделей языка и мышления, но уже на первых этапах, при конструировании систем распознавания речи. По утверждению Т. Кохонена, автора одного из известных нейросетевых алгоритмов и создателя первой нейросетевой системы печати текста с голоса, доведенной до коммерческого использования, высококачественное распознавание речи существует пока только в научной фантастике [6]. С момента написания этой работы положение существенно не изменилось, что следует, например из публикации [7], описывающей тестирование наиболее популярных и рекламируемых программных пакетов распознавания речи и приводящей отзывы специалистов по этому вопросу. Критическое отношение к возможностям современных систем распознавания речи можно обнаружить и в ряде других работ. Хотя методы математического анализа речевых сигналов доведены, казалось бы, до совершенства, продвижение в этой области затормозилось по тем же причинам, что и создание интеллектуальных систем. Человеческий слух не идеален, и высокое качество распознавания речи человеком достигается благодаря параллельному с процессом слушания речи разворачиванию упомянутых выше внутренних представлений (интуитивному неосознаваемому прогнозированию того, что будет услышано), которые не удается воспроизвести в технических системах традиционными методами.

Показательно, что в книге [8] мозг рассматривается, в первую очередь, как универсальное предсказывающее устройство, а не как машина логического вывода. Более того, в работе [9], предлагающей изменение программы обоснования математики, предложенной Гильбертом, показано, что только в "слабых" формальных системах доказательство является критерием решенности задач. Другими словами, задачи осмысленно могут решаться только в слабых формальных системах. Это утверждение окончательно хоронит надежду построить модели решения задач человеком с помощью классического логического вывода, на котором построены языки "искусственного интеллекта", характерным примером которых является язык Пролог [10], взятый за основу создания упомянутого выше

проекта ЭВМ 5-го поколения [3].

Эффективность нейросетевого подхода для решения сложных нелинейных задач, каковыми являются рассматриваемые лингвистические модели, теоретически обоснована в работе [11]. Эта работа показывает, что *можно получить сколь угодно точное приближение любой непрерывной функции многих переменных*, используя стандартные для нейростетей операции сложения и умножения на число, суперпозицию функций, линейные функции, а также одну произвольную непрерывную нелинейную функцию одного переменного.

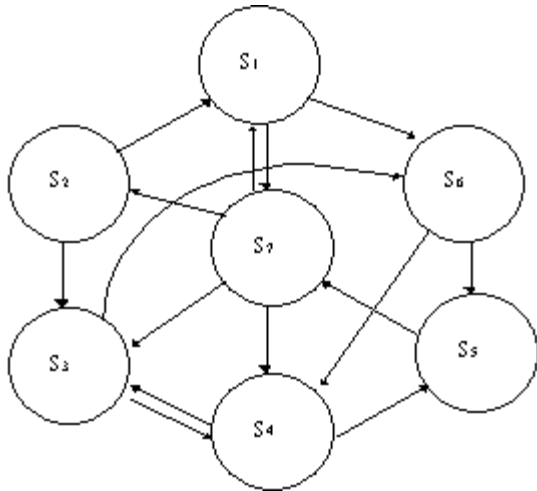


Рис. 1. Пример комплекса адаптивных систем на базе нейросетей с самостоятельной адаптацией.

Эксперименты по распознаванию речи, направленные на упрощение создания систем распознавания, и расширение возможностей существующих методов в рассматриваемом направлении описаны в работе [12]. Создание адаптивных систем качественного распознавания, а в перспективе и "понимания" речи, базируется на алгоритме самостоятельной адаптации, один из вариантов которого приведен в публикации [13]. Алгоритм предназначен как для решения традиционных задач нейроинформатики, так и для «обучения» сложных адаптивных систем с иерархической организацией [14] (рис. 1).

В работе [12] предложена нейросетевая система распознавания набора речевых команд с двумя уровнями иерархии, обучаемая параллельно по конечному результату. Нейронная сеть нижнего уровня иерархии отвечает за выделение устойчивых фрагментов речи (таких, как фонемы), а нейросеть верхнего уровня специализируется на распознавании самих команд (слов русского языка)^[4]. Благодаря одновременному обучению всей нейросистемы происходит оптимальная настройка всех ее компонентов на конечный результат без необходимости согласования между собой отдельных этапов обработки речевого сигнала. Другой особенностью предложенного подхода является отсутствие необходимости в длительной и трудоемкой процедуре составления фонетического набора, учитывающего особенности произношения различных дикторов, необходимого при использовании классических супервизорных алгоритмов обучения нейронных сетей. Нейронная сеть нижнего уровня иерархии сама формирует требуемые особенности, что, по всей вероятности, отражает работу реальных нейронных сетей мозга.

Речевой поток

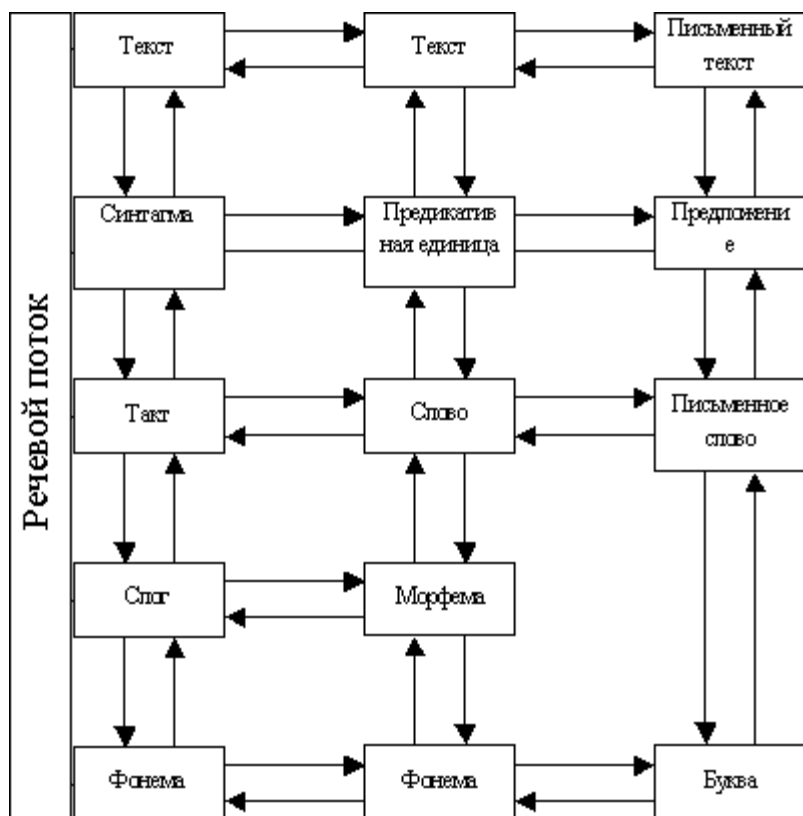


Рис. 2 Нейросетевая иерархическая система, построенная с использованием лингвистических представлений

Описанные особенности сетей с самостоятельной адаптацией [13] использованы в данной работе для разработки экспериментальной (нейросетевой адаптивной) модели русского языка, позволяющей в перспективе решить описанные выше проблемы. Очевидно, что на первых этапах исследований как серьезное достижение можно рассматривать доказательство возможности работы таких моделей и повышение качества распознавания речи по сравнению с традиционными методами. Для построения экспериментальной модели рассматривается многоуровневая нейросетевая иерархическая система, построенная с использованием лингвистических представлений, например, [15, 16, 17], изображенная на рисунке 2, компоненты которой позволяют формировать необходимое ассоциативно-контекстное окружение для уточнения распознаваемых слов. Это окружение можно рассматривать как локальную микрокартину мира в коммуникационной области, позволяющую, в абстрактном смысле, прогнозировать недостающую информацию, требуемую для адекватного отображения звукового информационного поля, обладающего сложной пространственно-временной структурой, в знаковое пространство языка.

Рассматриваемая архитектурно и информационно согласованная технология обработки информации, направленная на достижение конечных системных целей, реализуется благодаря возможностям концепции сетей и систем с самостоятельной адаптацией [5, 13, 14]. Концепция позволяет перейти от "плоскостных" архитектурных нейросетевых представлений, отражаемых терминами входных-выходных векторов и алгоритмов "обучения с учителем" или "без учителя" к "объемным" пространственно-временным представлениям информационных полей, самостоятельно формируемых адаптивной нейросетевой оболочкой по заданным критериям.

Лингвистический подход, который лежит в основе разрабатываемой модели, это оформленное в когнитивной лингвистике представление о стратегическом характере порождения и восприятия речи. С точки зрения лингвистики разработанный метод конструирования языковых представлений представляет ценность в плане интеграции "полевых" и "логических" теорий, находящихся традиционно в оппозиции друг к другу. Синтетическая модель отражает в динамике совокупные аспекты обеих теорий [21] и позволяет оценить взаимосвязи логических и континуальных аспектов функционирования языковых структур, включая их взаимопереходы и взаимовлияние. Рассматриваемая методология позволяет приблизиться к формализации инвариантных "полевых" моделей, что, в настоящее время, практически не представляется возможным в силу аморфности используемых предметных представлений.

Перспективность нейросетевых методов подчеркивается не только их высокими информационно-прогностическими возможностями, определяемыми бионическим характером их создания и развития на основе подобия свойств и структур искусственных нейронных сетей биологическим структурам мозга, но и тем обстоятельством, что идеи нейроинформатики начинают проникать в столь неформальную область, как психология. В публикации [18], посвященной одной из наиболее результативных областей современной психологии – нейролингвистическому программированию (NLP), приводятся теоретические представления, основанные на современных достижениях в области нейросетевого моделирования некоторых процессов мозга. Эти веяния знаменуют собой закономерный уход от компьютероподобных логических представлений о работе мозга, отразившихся в базовых основаниях NLP и идеях искусственного интеллекта [1], в сторону гибких естественно-биологичных воззрений на методы преобразования и обработки и хранения информации.

Для компьютерной реализации приведенных лингвистических моделей разрабатывается программный пакет на самоадаптирующихся нейронных сетях [13], позволяющий строить адаптивные сетевые структуры описанного типа.

Литература

1. Хант Э. Искусственный интеллект / Пер с англ.- М.: Мир, 1978.- 558 с.
2. Мельников Г.П. Системология и языковые аспекты кибернетики / Под ред. Ю.Г. Косарева.- М.: Сов. радио, 1978.- 368 с.
3. ЭВМ пятого поколения: концепции, проблемы, перспективы/ Под ред. Т. Мота-Ока.- М.: Финансы и статистика, 1984.- 110 с.
4. Прибрам К. Языки мозга. Экспериментальные парадоксы и принципы нейропсихологии / Пер. с англ.- М.: Прогресс, 1975.- 463 с.
5. Ланкин Ю.П., Хлебоброс Р.Г. Самоадаптирующиеся нейронные сети и адаптивные экологические модели // VI Всероссийская конференция «Нейрокомпьютеры и их применение» с международным участием «НКП-2000».- М.: ИПРЖР, 2000.- С. 478-481.
6. Kohonen T. The «Neural» Phonetic Typewriter // IEEE Computer, March 1988.- P. 11-22.
7. Шмелева А. Правда о распознавании речи // Компьютер-пресс, 1, 1998.- С. 306-316.
8. Витяев Е.Е. Принцип работы мозга и процесс познания в науке и искусстве. Часть 1: Физиологические теории.- Новосибирск: НГУ, 1995.- 61с.
9. Ершов Ю.Л., Самохвалов К.Л. О новом подходе к философии математики // Структурный анализ символьных последовательностей.- Новосибирск, 1984.- С.141-148.- Вып.101: Вычислительные системы.
10. Язык Пролог в пятом поколении ЭВМ: Сб. статей/ Пер с англ.- М.: Мир, 1988. 501с.
11. Горбань А.Н. Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей.// Сибирский журнал вычислительной математики.- Новосибирск: РАН. Сиб. отделение, 1998.- 1, №1.- С.11-24.
12. Лалетин П.А., Ланкина Э.Г., Ланкин Ю.П. Использование сетей с самостоятельной адаптацией для распознавания слов человеческой речи // Научная сессия МИФИ-2000. II Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2000». Сб. науч. тр. - В 2 ч. - М.: МИФИ, 2000.- Ч. 2.- С. 88-95.
13. Басканова Т.Ф., Ланкин Ю.П. Нейросетевые алгоритмы самостоятельной адаптации // Научная сессия МИФИ-99. Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-99». Сборник научных трудов. В 3 частях. Ч.1.- М.: МИФИ, 1999.- С. 17-24.
14. Ланкин Ю.П. Самостоятельно адаптирующиеся нейронные сети в моделировании сложных объектов // Материалы IX-го Международного симпозиума «Реконструкция гомеостаза»; В 4-х т. - Красноярск: КИЦ СО РАН, 1998.- Т.1.- С. 281-287.
15. Кантер Л.А. Системный анализ речевой информации. - М.: Высш. шк., 1988.- 128 с.
16. Аванесов Р.И. Русская литературная и диалектная фонетика. - М.: Просвещение, 1974.- 287 с.
17. Просодический строй русской речи / Л.Л. Касаткин и др.; Ин-т рус. яз. РАН. - М., 1996.- 256 с.
18. О'Коннор Д., Ван дер Хорст Б. Часть 2: Нейронные сети и стратегии НЛП // NLP - нейролингвистическое программирование. Вестник современной практической психологии, 1998.- С.27-39.- (Отпечатано 1.03.98.)

[1] Распознаваемый язык выбирается произвольно при обучении системы.

[2] На первых этапах исследований в упрощенном варианте.