

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗАПАХОВ

Олег Колесницкий¹, Сергей Лукаш², Самра Муавия Хассан Хамо¹

¹Винницкий национальный технический университет,
21021, г. Винница, Хмельницкое шоссе, 95, E-mail: okk_vin@mail.ru

²Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАНУ, E-mail: biotec@serge.relc.com
Проспект Академіка Глушкова, 40, Київ, 03680 МСП, Україна

Аннотация

В докладе предложена интеллектуальная система распознавания запахов на основе газовых мультисенсоров и метода параллельного распознавания сигналов газовых мультисенсоров в режиме реального времени на основе импульсной рекуррентной нейронной сети. Также предложен вариант технической реализации формального импульсного LIF-нейрона на биспин-приборе для таких нейронных сетей. Рассматриваются усовершенствованная структурная схема импульсной нейронной сети и предложенная процедура обучения выходных нейронов.

Введение

В последнее время в различных сферах жизнедеятельности человека находит активное применение «электронный нос» - прибор, состоящий из газового мультисенсора и интеллектуальной системы распознавания его сигналов. Такие приборы широко применяются для медицинской диагностики, экологического мониторинга и во многих других сферах науки и производства [1,2].

В работе [1] приведен обзор известных методов распознавания сигналов газовых мультисенсоров: корреляционные методы распознавания, экспертные системы и нейросетевые технологии с формированием признаков на основе преобразования Фурье или вэйвлет-преобразования. Был сделан вывод о перспективности применения для этой цели именно импульсных нейронных сетей, которые по сравнению с другими методами, благодаря своей нейроморфности, наиболее приспособлены для распознавания многомерных динамических непрерывных данных, многозадачны, т.е. могут одновременно распознавать несколько составляющих и оценивать несколько параметров, способны к распознаванию с предсказанием, имеют несложную процедуру обучения, повышенную производительность и помехоустойчивость.

В работе авторы предлагают информационную технологию распознавания сигналов газовых мультисенсоров путем использования импульсных нейронных сетей.

Постановка задачи

Устройство распознавания является интеллектуальным прибором, программное обеспечение которого позволяет создать информационный банк данных по предварительному обучению системы на эталонных образцах, сопоставить эти данные с экспериментальными пробами и выдать оператору квалифицированное заключение. Устройства, которые могут решить эту проблему, разрабатывают также, например, в NASA. В американском космическом агентстве специальный "электронный нос" будут использовать для оперативного определения повышенной концентрации вредных веществ в воздухе космических кораблей [3].

В самом общем виде систему для распознавания запахов можно представить структурной схемой на рис.1.

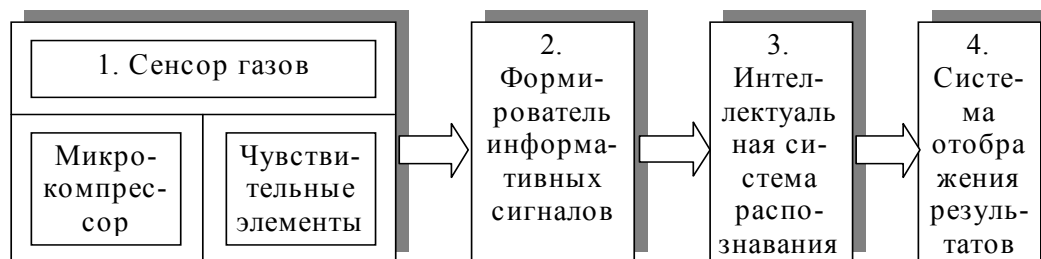


Рис.1. Блок-схема устройства для распознавания запахов

Сенсор газов в большинстве реализаций представляет собой систему, содержащую чувствительные к различным газам элементы и микрокомпрессор для прокачки исследуемого газа через объем с чувствительными элементами. Чувствительные элементы выдают электрические сигналы, каждый из которых представляет собой зависимость величины S_i ($i=1, \dots, n$) от времени t и концентрации

газа C: $S1(t,C)$, $S2(t,C)$,... $S_n(t,C)$ [2]. Предварительная обработка сигналов предусматривает при необходимости их фильтрацию, усиление и преобразование. При помощи интеллектуальной системы распознавания, базирующейся на построенной нейронной сети, необходимо определить: с какой степенью достоверности сигналы от пробы исследуемого газа совпадают с заданной степенью точности с одним из эталонных наборов сигналов. В докладе показано, что весьма важно проводить распознавание этих сигналов параллельно во времени, а не последовательно или с задержкой на дискретизацию и обработку отсчетов, как в известных системах. В качестве примера рассмотрим работу металл-оксидного газового мультисенсора с тремя подогреваемыми до температуры T чувствительными слоями [2].

Таким образом, задача состоит в выборе способа обработки совокупности динамических сигналов.

Структура импульсной нейронной сети

Импульсные нейронные сети (ИНС) [4] построены по аналогии с сетями биологических нейронов мозга животных и человека. Они состоят из импульсных нейронных элементов [5], которые более близки к биологическим нейронам, чем бинарные нейроны Мак-Каллока и Питса и аналоговые нейроны с потенциальным выходом.

ИНС не имеют определенных правил соединения нейронов между собой, как, например, в широко известных сетях Хопфилда, Хэмминга, многослойных персептронах и других. Они представляют собой совокупность нейронов, соединенных случайным образом, так, что имеются как прямые, так и обратные связи. Каждый нейрон сети связан только с некоторыми нейронами, а не со всеми. При формировании конкретной ИНС используют результаты нейрофизиологических исследований. Структура ИНС, используемая авторами для распознавания совокупности сигналов, отличается от предложенной в [4] и представлена на рис.2.

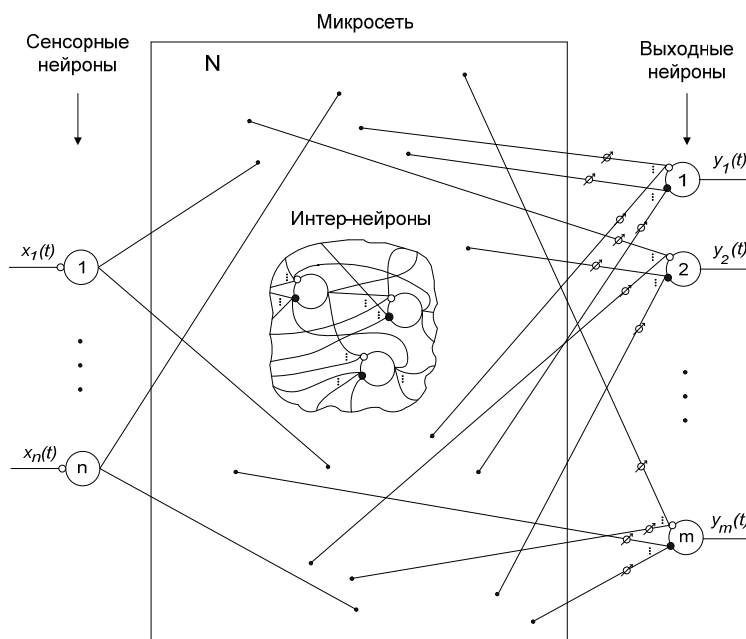


Рис.2. Структура импульсной нейронной сети

Модели импульсных нейронных элементов

Для математического и компьютерного моделирования ИНС используются формальные пороговые модели импульсации нейрона [4]: LIF-модель (leaky integrate-and-fire model), NIF-модель (nonlinear integrate-and-fire model), SRM (spike response model) и др.. Наиболее часто используемая накопительная импульсная модель с утечкой (leaky integrate-and-fire model – LIF-модель) [4].

Реализация импульсных нейронных элементов на биспин-приборе

Общеизвестно, что максимум преимуществ от решения задач с использованием искусственных нейронных сетей можно извлечь именно в случае их аппаратной реализации, а не программной или программно-аппаратной. Поэтому весьма актуальным является вопрос об эффективной аппаратной реализации моделей импульсных нейронов. В докладе предложен вариант реализации импульсного нейронного элемента на биспин-приборе. Этот нейронный элемент и его схема замещения представлены на рис.3 (а,б).

Он соответствует формальной LIF-модели. Это означает, что ИНС, реализованные на его основе, будут соответствовать всем свойствам, математическому аппарату и теоремам для ИНС на формальных импульсных нейронных элементах.

Обучение в импульсных нейронных сетях

Для обучения рекуррентных сетей импульсных нейронов могут использоваться любые алгоритмы обучения с учителем, поскольку необходимо обучить только выходные (считывающие) нейроны сети [4].

Это, например: дельта-правило, линейная регрессия, р-дельта правило, алгоритм обратного распространения и др. Все вышеперечисленные правила обучения используются при программной или программно-аппаратной реализации нейронных сетей, когда процесс обучения осуществляется путем выполнения вычислений по определенным формулам на цифровом процессоре универсального компьютера или спецвычислителя. При аппаратной реализации нейронных сетей особое значение имеет так называемое on-line (или on-chip) обучение, т.е. обучение с помощью специальных схемотехнических средств, которые изменяют веса синаптических связей нейронных элементов без применения каких-либо вычислительных операций на цифровых процессорах. В докладе подробно рассматривается предложенное правило обучения рекуррентной ИНС, а также метод распознавания совокупности сигналов с использованием импульсной нейронной сети.

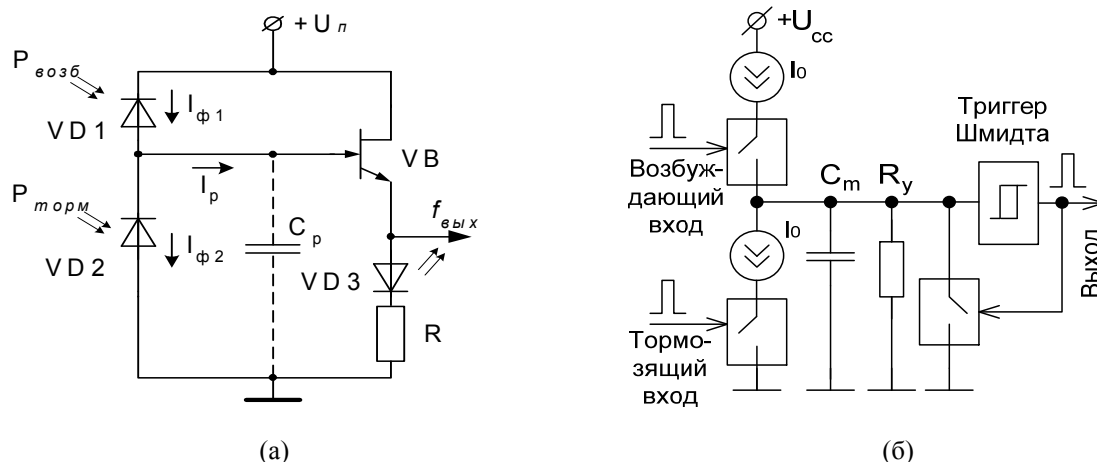


Рис.3. Нейронный элемент на биспин-приборе (а) и его схема замещения (б)

Заключение

Таким образом, предложен метод параллельного распознавания n -мерных совокупностей сигналов газовых мультисенсоров в режиме реального времени на основе импульсной рекуррентной генерической нейронной сети, который обладает следующими преимуществами: 1) сигналы подаются на распознавание одновременно без разделения во времени или в пространстве, а также без предварительного запоминания, 2) результат распознавания может быть оценен еще до завершения периода действия самих сигналов по интенсивной импульсации на соответствующем выходе (распознавание с предсказанием), 3) используемая нейронная сеть имеет несложную процедуру обучения, 4) повышенная производительность распознавания и 5) повышенная помехоустойчивость за счет передачи информации в импульсной форме. Предложен вариант технической реализации формального импульсного LIF-нейрона на биспин-приборе. Разработана процедура обучения выходных нейронов сети.

Література:

- [1] Колеснический О.К., Самра Муавия Хамо Пути совершенствования методов и средств распознавания газов для медицинской и экологической диагностики// Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології.-2003.-№1-2(5-6).- С. 154-162.
- [2] С.И. Лукаш, Космінська Ю.О., Перетятко В.Ю. Оцінки впливу зовнішнього фактору на сигнали сенсорів віртуального приладу розпізнавання запахів 3б. Засоби комп'ютерної техніки з віртуальними функціями і нові інформаційні технології. Київ, 2002, т.1, с. 24-30.
- [3] <http://www.mignews.com.ua/>
- [4] W. Maass, T. Natschläger, and H. Markram. Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations. Neural Computation, 14(11):2531-2560, 2002.
- [5] Колеснический О.К., Васи́лецкий С.А. Частотно-динамічні нейронні елементи// Вісник ВПІ. - 2002. - №5. – С. 5-10.