

В результате модель вычисления степени истинности нечетких правил вывода будет иметь вид

$$(X, T, H), X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n, T = \bigotimes_{j=1, \bar{L}} T(\pi_j). \quad (10)$$

Построенная таким образом модель вычисления степени истинности нечетких правил вывода работает по следующему алгоритму при принятии управляющего решения.

Для момента времени t_0 определяется координата множества X $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) \in X$, характеризующая состояние объекта управления в этот момент времени t_0 . Для точки x^0 определяют значения функций принадлежности $\mu_{T(\pi_j)}(x^0, h_i)$ нечеткого выбора h_i решения об управлении.

Затем выбирается такое значение базового множества лингвистической переменной, качественно определяющей принимаемое решение, при котором значение функций принадлежности $\mu_{T(\pi_j)}(x^0, h_i)$ имеет максимальное значение

$$\mu_{T(\pi_s)}(w^0, h_s) = \max_j \mu_{T(\pi_j)}(w^0, h_i).$$

К числу достоинств данной модели следует отнести ее упрощенную реализацию по сравнению с моделью классификации, так как в данной модели не осуществляется экспертами перебор и анализ всех нечетких ситуаций, которые могут существовать при решении задачи управления. Эксперты формулируют правила вывода лишь для наиболее значимых, с их точками зрения, нечетких ситуаций, характеризующих объект управления, и соответствующих им нечетким решениям о параметрах управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. — М.: Наука, 1990. — 272 с.
2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика, — М.: Наука, 1988. — 288с.
3. Берштейн Л.С., Финаев В.И. Адаптивное управление с нечеткими стратегиями. — Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1993. — 134 с.
4. Заде Л. Понятие лингвистических переменных и его применение к принятию к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 165 с.
5. Мелихов А.Н., Баронец В.Д. Проектирование микропроцессорных устройств обработки нечеткой информации. — Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1990. — 128 с.

УДК 681.51.01(075.8)

Д.А. Белоглазов

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕШЕНИЙ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

В настоящее время существует огромное разнообразие систем, в основе которых лежат методы, использующие элементы искусственного интеллекта [1]. Продукция, основанная на использовании тех или иных методов ИИ, так прочно

вошла в нашу повседневную жизнь, что практически любой современный человек уже не представляет комфортного существования без нее, а между тем далеко не каждый даже задумывается, как работает, то или иное устройство, программа. Вы когда-нибудь задумывались, как работает ваша стиральная машина или фотоаппарат? Вы знаете, как работают программы распознающие текст? Без этих продуктов современных технологий наша жизнь могла бы “существенно” осложниться. Ведь согласитесь более приятно, когда вещи стирает автоматизированная машина, а текст для вас распознает программа и вам остается лишь внести незначительные изменения, а не набирать его самому.

Конечно, это только вершина айсберга, того насколько современный человек зависит от интеллектуальных систем. Стоит понимать, что применение методов ИИ вовсе не ограничивается теми примерами, что были приведены ранее, огромный интерес представляет использование данных методов в промышленных системах, энергетике и многое другое.

Остановимся поподробнее на особенностях применения нейронных сетей в современных системах автоматического управления. Требования, предъявляемые к качеству управления обеспечиваемого регуляторами, постоянно растут, этот процесс определяется, прежде всего, экономической необходимостью:

- увеличиваются цены на энергетические и материальные ресурсы, что ставит перед производителями вопрос эффективного их использования, экономии;
- более точная работа регулятора, как понятно позволит более качественно осуществлять процесс управления выпуском продукции, что непременно скажется на ее качестве и соответственно на конкурентоспособности.

Как видно из приведенных выше требований в современных условиях жесткой конкуренции предприятиям производителям просто жизненно необходимо обеспечивать качественное управление технологическими процессами. Заметим, что помимо относительно безболезненного перерасхода ресурсов могут возникать и более серьезные проблемы, например повышенный износ оборудования с последующим выходом его из строя и т.д.

Объясним подробнее преимущества нейронных сетей, которые позволят поднять на новый уровень системы автоматического управления.

В процессе своей работы объект управления претерпевает различные изменения, которые могут быть не заметны человеческому глазу, но их влияние может значительно сказываться на качестве управления, иными словами происходит некоторый износ оборудования и естественно изменение его параметров. Становится, очевидно, что настроенный один раз на оптимальную работу обычный ПИД — регулятор через некоторое время не сможет обеспечить нам желаемого качества управления. Проблема кажется легко решаемой, ведь специалисту в данной предметной области в принципе ничего не стоит произвести перерасчет параметров регулятора, то есть внести некоторые необходимые изменения в его работу, тем самым вернув управление к оптимальному. При более детальном рассмотрении становится ясно, что такой подход хоть и может принести определенные результаты, но является, по меньшей мере, не эффективным. Случай, когда за каждым регулятором следит определенный специалист, в обязанности которого входит постоянный пересчет его параметров очень маловероятен в современных условиях производства, так как на предприятиях в настоящее время одновременно могут работать сотни и даже тысячи автоматических регуляторов. Представьте сколько людских ресурсов может понадобиться при подобной организации работы.

Огромное количество автоматических регуляторов, постоянно требующих к себе внимания, может быть не единственной проблемой. Еще одной головной болью является разделенность современных производств, т.е. части вашего предприятия могут находиться друг от друга на значительном расстоянии и тогда проблема настройки параметров систем управления становится просто непреодолимой.

Решением проблемы описанной выше может быть только самонастраивающееся устройство, реагирующее автоматически на изменения, происходящие с объектом. Примером такого устройств может стать регулятор [1,2] на основе нейросети [3]. Перед тем как говорить об использовании нейросетей кратко поясним, что такое искусственный, естественный нейроны, нейросети.

Нейрон – это нервная клетка, он является особой биологической клеткой, которая обрабатывает информацию [3]. Она состоит из тела клетки или сомы, и двух типов внешних древоподобных ветвей: аксона и дендритов. Тело клетки включает ядро, которое содержит информацию о наследственных свойствах, и плазму, обладающую молекулярными средствами для производства необходимых нейрону материалов. Нейрон получает сигналы от других нейронов через дендриты и передает сигналы, сгенерированные телом клетки, вдоль аксона, который в конце разветвляется на волокна. На окончаниях этих волокон находятся синапсы. Синапс является элементарным структурным и функциональным узлом между двумя нейронами. Когда импульс достигает синаптического окончания, высвобождаются определенные химические вещества, называемые нейротрансмиттерами.

Нейроны взаимодействуют посредством короткой серии импульсов, как правило, продолжительностью несколько миллисекунд. Сообщение передается посредством частотно-импульсной модуляции. Частота может изменяться от нескольких единиц до сотен герц, что в миллион раз медленнее, чем самые быстродействующие переключаемые электронные схемы. Тем не менее сложные решения по восприятию информации, как, например, распознавание лица, человек принимает за несколько сотен миллисекунд. Точность и качество, с которой человек выполняет распознавание информации не под силу даже современным высокопроизводительным компьютерам.

Выше были рассмотрены особенности работы биологического нейрона, перейдем теперь к его искусственному аналогу [3,4]. Искусственный нейрон представляет собой некоторое подобие естественного нейрона, он состоит из определенного количества входов, на которые поступают сигналы от других нейронов, имеет линии связи с соответствующими им весами и суммирующий блок, который соответствует телу биологического нейрона.

Нельзя говорить, что искусственный и естественный нейроны обучаются и функционируют одинаково, так как все попытки создания искусственных нейронов являющихся копией настоящих потерпели провал вследствие плохой информированности о том, как функционирует человеческий мозг. Действительно работа искусственных сетей чем-то похожа на работу человеческого мозга, но на этом сходство в большинстве случаев заканчивается.

Для более полного понимания, что такое искусственный нейрон рассмотрим рисунок, на котором он изображен. Из рисунка видно, что искусственный нейрон имеет N входов, которые одновременно являются выходами других нейронов, весовые коэффициенты связей соответствующие синаптическим связям естественного нейрона, суммирующий блок.

В процессе работы на входы нейрона поступает множество сигналов $X=\{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$, каждый входной сигнал X_n умножается на соответствующий ему весовой коэффициент W_n , в конечном итоге суммирующий блок производит алгебраическое суммирование, создавая выходной сигнал, который мы будем называть NET.

В векторных обозначениях это может быть компактно записано следующим образом: $NET=XW$. Таким образом, видно, что искусственный нейрон имеет довольно простую для понимания структуру, однако даже один нейрон способен выполнять полезную работу. Далее в процессе работы сигнал NET обрабатывается активационной функцией, которая в зависимости от своего вида производит преобразование входящего сигнала к определенному виду.

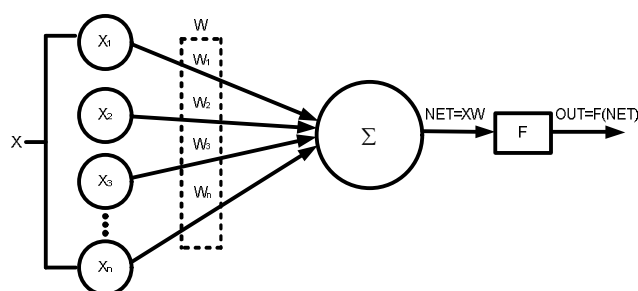


Рис. 1. Искусственный нейрон с активационной функцией

Нейросети являются по своей сути группой нейронов связанных между собой определенным образом [4], отметим, что в настоящее время существует несколько хорошо зарекомендовавших себя архитектур построения сетей.

Подход к построению автоматических регуляторов на основе искусственного интеллекта позволяет проектировать очень мощные системы управления благодаря своим поистине уникальным свойствам [5]. Одним из таких свойств нейросетей является способность к обучению, т.е. в процессе своей работы регулятор, созданный с применением данной технологии будет иметь способность реагировать на изменения, происходящие с объектом управления, автоматически корректировать собственные параметры, что, несомненно, положительно скажется на функционировании системы в целом.

Помимо пересчета параметров регулятора, нейронные сети позволяют определять в каком из режимов работы находится наблюдаемая нами система и с большой точностью предсказывать будущие значение управляющего параметра. Такие возможности предоставляемые данным методом ИИ дают разработчикам очень мощный инструмент, который позволит решать задачи ранее им недоступные, повысить качество работы уже существующих систем.

Потребители же получают продукт с рядом уникальных свойств, экономический эффект от использования которого будет очень высок и в первую очередь выразится в большей экономии используемых ресурсов, качестве управления. Еще одной немаловажной особенностью предлагаемого метода ИИ является возможность и относительная простота построения с его применением, так называемых гибридных систем, т.е. таких систем в которых могут функционировать не один и не два регулятора, а некоторое их количество.

Приведем несколько примеров, в качестве первого примера довольно простая и распространенная ситуация. У нас имеется ПИД-регулятор, работа которого нас полностью устраивает за небольшим исключением, а именно как уже упоминалось выше необходимо производить время от времени коррекцию его параметров.

С этим прекрасно справится нейросеть специальным образом спроектированная и обученная. Как видно у нас получилось совершенно новое устройство, состоящее из двух частей, ПИД-регулятор и корректирующая нейросеть. Так же могут встречаться такие случаи, состояния системы, когда каждый из имеющихся регуляторов может обеспечить требуемое нам качество управления только при определенном режиме работы.

Представим следующую ситуацию: существует система, в которой содержатся одновременно ПИД-регулятор, нечеткий контроллер, основанный на примере аппарата нечеткой логики и нейронная сеть. Как известно у ПИД-регулятора и нечеткого контроллера есть свои достоинства и недостатки, там, где один обеспечивает отличное управление другой испытывает определенные проблемы и наоборот. Таким образом, чтобы получить требуемый результат нужно комбинировать их работу определенным образом. Именно здесь нам и будет полезным использование одной из возможностей нейросетей.

Способность отличать один режим работы системы от другого позволит передавать управление объектом на данный момент времени именно тому регулятору, который наиболее качественно сможет работать в сложившихся условиях, а возможность также корректировать их параметры в процессе функционирования системы обещает дать существенный выигрыш по сравнению с обычным подходом.

Конечно, были рассмотрены весьма условные примеры, но и они вполне способны продемонстрировать перспективность выбранного направления исследований. Помимо способности к обучению нейронные сети демонстрируют еще несколько уникальных свойств: обобщение, абстрагирование.

Отклик сети после обучения может быть до некоторой степени нечувствителен к небольшим изменениям входных сигналов. Эта внутренне присущая способность видеть образ сквозь шум и искажения жизненно важна для многих систем управления. Она позволяет преодолеть требование строгой точности, предъявляемое обычным компьютером, и открывает путь к системе, которая может иметь дело с тем несовершенным миром, в котором мы живем.

Важно отметить, что искусственная нейронная сеть делает обобщения автоматически благодаря своей структуре, а не с помощью использования «человеческого интеллекта» в форме специально написанных компьютерных программ.

Некоторые из искусственных нейронных сетей обладают способностью извлекать сущность из входных сигналов.

Например, сеть может быть обучена на последовательность искаженных версий буквы «А». После соответствующего обучения предъявление такого искаженного примера приведет к тому, что сеть породит букву совершенной формы. В некотором смысле она научится порождать то, что никогда не видела.

Область применения нейросетей в настоящее время постоянно расширяется, существует множество удачных решений с использованием данного подхода. Столь успешное внедрение нейросетевых решений, прежде всего, обусловлено их преимуществами перед обычными методами [4,5]:

- существование быстрых алгоритмов обучения, нейронная сеть даже при сотнях входных сигналов и десятках-сотнях тысяч эталонных ситуаций может быть быстро обучена на обычном компьютере;

- возможность работы при наличии большого числа неинформативных, шумовых входных сигналов – предварительного их отсева делать не нужно, нейросеть сама определит их малопригодность для решения задачи и может их явно отбросить;

- возможность работы со скоррелированными независимыми переменными, с разнотипной информацией – непрерывнозначной и дискретнозначной, количественной и качественной, что часто доставляет затруднение методам статистики;

- нейронная сеть одновременно может решать несколько задач на едином наборе входных сигналов – имея несколько выходов, прогнозировать значения нескольких показателей;

- алгоритмы обучения накладывают достаточно мало требований на структуру нейронной сети и свойства ее нейронов. Поэтому при наличии экспертных знаний или в случае специальных требований можно целенаправленно выбирать вид и свойства нейронов и нейросети, собирать структуру нейронной сети вручную, из отдельных элементов, и задавать для каждого из них нужные свойства.

Несмотря на большие возможности, существует ряд недостатков, которые все же ограничивают применение нейросетевых технологий. Нейронные сети позволяют найти только субоптимальное решение, и соответственно неприменимы для задач, в которых требуется высокая точность.

Функционируя по принципу черного ящика, они также неприменимы в случае, когда необходимо объяснить причину принятия решения.

Обученная нейросеть выдает ответ за доли секунд, однако относительно высокая вычислительная стоимость процесса обучения как по времени, так и по объему занимаемой памяти также существенно ограничивает возможности их использования. И все же класс задач, для решения которых эти ограничения не критичны, достаточно широк.

Возможности, предлагаемые нейронными сетями на данный момент времени позволят создавать системы управления нового поколения, то есть такие, которые обладают некоторой долей интеллекта. Определенная интеллектуализация управляющих систем даст несомненные преимущества.

Благодаря одному из своих удивительных свойств, способности к обучению нейронные сети позволят создавать такие системы управления, которые будут способны адаптироваться к меняющимся во времени свойствам объекта, что, несомненно, скажется на качестве управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Финаев В.И.* Модели систем принятия решений. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005.
2. *Гайдук А.Р.* Системы автоматизированного управления. Примеры, анализ и синтез. Таганрог: – Изд-во ТРТУ, 2006. – 414 с.
3. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992.
4. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. СПб.: Наука, 1996.
5. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе, 1998.