использовалась стандартная структура многослойного персептрона (MLP) с 3 входами, одним выходом и двумя скрытыми слоями с 7 и 8 нейронами соответственно. При обучении MLP использовался алгоритм Левенберга-Маркардта. В результате сформирован суммарная среднеквадратическая ошибка по точкам статистической выборки составила E=0.01.

Таким образом, для хранения информации о функционировании нейроконтрллера требуется всего 100 коэффициентов, способных, будучи организованы в нейросетевую вычислительную архитектуру, с высокой точностью восстановить функциональный континуум (1). Высокая степень соответствия эталонным характеристикам позволяет использовать нейросетевые технологии для синтеза управляющих звеньев систем управления.

Обеспечение инвариантности регулируемых параметров объекта позволяет иметь высокое качество регулирования при одновременном упрощении системы, что повышает ее надежность при работе в самых трудно предсказуемых сочетаниях отклоняющих воздействий. Применение нейросетевых технологий является перспективным направлением работ по практической реализации и использованию инвариантных систем в современной технике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Narendra K.S., Parthasarathy K. Identification and control of dynamical systems using neural networks // IEEE Trans. On Neur. Net. – 1990. – vol. 1. - # 1. – pp. 4-27.

2. Вороновский Г.Л., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности – Х.: ОСНОВА, 1997. – 112 с.

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ СТРАТЕГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯНА БАЗЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Стогней В.Г., Кретинин А.В.
Воронежский государственный технический университет, Воронеж

Изложены основные принципы методики нейросетевого моделирования физических процессов для использования в качестве оптимизационной стратегии проектирования сложных технических систем

Повышение качества и сокращение сроков разработки технических устройств основывается на совершенствовании методов проектирования, в частности, за счет оптимизации для поиска эффективных вариантов и принятия решений. До последнего времени ключевую роль в выборе лучшего проекта играли интуиция и опыт конструктора. Однако рост номенклатуры выпускаемых изделий, существенное превышение предложения над спросом на рынке и, как следствие, ожесточение конкуренции приводит к необходимости использования в процессе проектирования последних достижений в области математического моделирования и нелинейного программирования.

Задачи оптимального проектирования

Проектирование технических устройств основано на моделировании некоторого характерного режима их функционирования, причем в последнее время акцент смещается в сторону расчетно-теоретических исследований. Эффективность проекта определяется набором конструктивных и режимных параметров, где в качестве критериев выступают, например, масса, прочность, коэффициенты полезного действия, ресурс, стоимость и т.д. Для этапа опытно-конструкторских работ возникает проблема доводки существующего проекта или, другими словами, задача улучшения прототипа. Поиск совместно оптимальных решений (например, оптимизация по двум критериям) приводит к проблеме многокритериальной оптимизации. К другим особенностям оптимизации следует отнести большую размерность задачи, наличие функциональных ограничений, сложность корректного задания диапазона поиска. Кроме того, определение критериев оптимизации и ограничений в общем случае выполняется алгоритмически, таким образом, аналитическое определение целевой функции, ограничиваемых параметров, градиентов не представляется возможным.

Нейросетевые модели и кибернетическое пространство

Эффективность экспериментальных факторных моделей существенно зависит от точности построения функции аппроксимации. В настоящее время для отыскания нелинейных связей исследуемых показателей эффективности от проектных параметров преобладает регрессионный анализ. Один из наиболее продвинутых алгоритмов предполагает следующую последовательность действий: 1. Генерация плана эксперимента (с равномерным или нормальным распределением); 2. Формирование поверочного и обучающего множеств; 3. Генерация частных описаний, аппроксимирующих целевую функцию на обучающем множестве; 4. Формирование множества внешних критериев частных описаний на поверочном множестве; 5. Выбор наилучших частных описаний в селекции.

Нейронные сети – исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Нейронные сети привлекательны с интуитивной точки зрения, ибо они основаны на примитивной биологической модели нервных систем. В настоящее время сложились все предпосылки для развития, наряду с классическими, нейросетевых математических моделей для исследования сложных физических процессов, где все равно необходима идентификация расчетных результатов с использованием экспериментальных данных. Кроме того, для изделий, разделенных на параметрическую и функциональную подсистемы, на этапе исследовательских и параметрических испытаний нейросетевые методы моделирования могут оказаться предпочтительнее регрессионного анализа, так как, помимо повышенной точности, они способны также экстраполировать статистические данные и с большой точностью предсказывать параметрические и функциональные отказы, что очень важно при отработке и использовании систем технической диагностики.

Полученные в процессе оптимизации векторы варьируемых параметров могут рассматриваться как возможно оптимальные. Они включаются в план эксперимента, отрабатываются на стенде для уточнения целевой функции и в случае повышения показателей эффективности включаются в банк альтернативных оптимальных технических решений для дальнейшего анализа и выбора окончательного варианта проекта.

Заключение

Разработка методологических и алгоритмических аспектов системы нейросетевого моделирования физических процессов давно назрела, так как, несмотря на очевидную эффективность использования, внедрение ее на предприятиях в проектно-конструкторские работы незначительно. Эволюционные методы моделирования с момента их появления рассматриваются как некая альтернатива традиционным фундаментальным подходам научных исследований, и использование их при проектировании можно назвать в большой степени новым и нетрадиционным научным подходом. Органичное сочетание его с современной технологией оптимизации позволит получить принципиально новые важные практические результаты.

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОРТРЕТ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА

Стогней В.Г., Кретинин А.В., Гуртовой А.А.
Воронежский государственный технический университет, Воронеж

Сложность рабочих процессов, протекающих в ЖРД, невозможность при современном состоянии науки надежного теоретического определения с необходимой точностью характеристик рабочих процессов, функционирования узлов и агрегатов двигателя делают неизбежными экспериментальные работы на модельных и натурных объектах. Объем этих работ определяет основные затраты на разработку ЖРД, достигающие сотен миллионов долларов [1].

В настоящее время все процессы в двигателе, для которых имеются физические и математические модели, просчитываются на ЭВМ. Вычислительная техника используется как на стадии проектирования, так и управления испытаниями (управляемый эксперимент), при обработке и анализе результатов испытаний. Имитационные модели функционирования агрегатов позволяют анализировать их поведение в условиях реальной работы в составе ДУ, моделировать и выявлять различные отклонения от нормальной работы.

Создание системы автоматизированного анализа стендовых испытаний ЖРД является актуальной задачей процессов проектирования и доводки узлов и агрегатов двигателей для повышения достоверности оценки работоспособности изделий, оперативной диагностики функционирования и выработки проектных решений для ликвидации дефектов. Мощные аппроксимационные возможности нейросетевой вычислительной архитектуры позволяют создавать многопараметрические имитационные математические модели сложных технических систем, предназначенные для идентификации параметров функционирования и критериев работоспособности, и на их основе строить оптимизационную стратегию проектирования и доводки ЖРД, модернизации систем диагностики и аварийной защиты.

Разрабатываемая методика создания нейросетевых моделей рабочих процессов в ЖРД иллюстрируется на примере бустерного насосного агрегата ЖРД (БНА), конструктивно состоящего из оседиагонального насоса и гидротурбины. Входными параметрами, изменение которых влияет на функционирование БНА и значения которых измеряются на стенде, можно считать давление компонента топлива на входе в насос p_0 и давления компонента на входе в сопловой аппарат гидротурбины p_{c1} и p_{c2} (для рассматриваемой конструктивной схемы привод турбины осуществляется по различным гидравлическим линиям в зависимости от режима функционирования агрегата). Выходными параметрами, характеризующими работоспособность агрегата, являются давление компонента на выходе p_2 и число оборотов вала БНА n, причем n часто используется в качестве контрольного параметра системы аварийной защиты ЖРД.

При работе с более или менее реалистичными моделями механических, гидравлических, тепловых и др. систем ЖРД, которые основаны на всеобщих физических законах, необходимо использовать всевозможного вида математические абстракции и прибегать к аппроксимации для получения подходящей модели. Кроме того, получающиеся системы уравнений обычно не могут быть решены без дальнейших упрощений. Естественно, все эти упрощения вводятся на основе эксперимента и так, чтобы результаты не выходили за рамки эксперимента. Альтернативный подход заключается в использовании при моделировании результатов экспериментов, которые уже проведены или проводятся в процессе текущей отработки изделий, и построить достоверную имитационную модель только на основе экспериментальных данных, которая для любого входного вектора данных из допустимой и известной области определения рассчитывает нужный критерий, что и требуется от математической модели функционирования.

Создание нейросетевой имитационной математической модели, воспроизводящей функциональную зависимость критериев работоспособности от входных параметров в эксплуатационных пределах их изменения, позволяет повысить качество анализа экспериментальных данных и своевременно диагностировать дефекты и проблемы функционирования. Одним из основных требований к создаваемым многопараметрическим портретам функционирования агрегатов ЖРД является высокая точность модельных результатов для снижения допусков на определение параметров работоспособности при диагностировании и контроле технического состояния.

Для моделирования зависимости частоты вращения ротора БНА на стационарных и переходных режимах работы используется ИНС типа ОСП, скрытый слой которой содержит 16 нейронов. Входные параметры нейросетевой модели