

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАСХОДА ВОЗДУХА ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ

Канд. техн. наук, доц. МАМЕДОВ Н. Я.

Азербайджанский архитектурно-строительный университет

Состояние систем энергоснабжения играет важнейшую роль в развитии экономики республики. Изменение структуры экономики Азербайджана за последние годы сильно повлияло на работу разных отраслей, в том числе и систему энергоснабжения. Незнание фактического расхода потребляемой энергии и ее бесхозяйственное использование привели к хаотическому состоянию в отрасли, нехватке энергии, большим потерям. Для выхода из сложившейся ситуации одной из первоочередных задач является определение закономерностей развития систем энергоснабжения через научно обоснованные и экономически выгодные системы планирования и управления, которые обычно реализуются с помощью методов прогнозирования.

За последние десятилетия системы кондиционирования воздуха, применяющиеся в высотных общественных многофункциональных и жилых зданиях, значительно модифицировались в связи с изменением целей застройщиков, возросшими потребностями потенциальных пользователей, а также актуальностью вопросов доступности и стоимости энергии и вытекающей из этого величины расходов, необходимых для обеспечения здания. С недавних пор озабоченность состоянием окружающей среды, в том числе качеством внутреннего воздуха, и растущая потребность создавать более интеллектуальные здания оказали влияние на подход к системе кондиционирования воздуха.

Требования к поддержанию параметров микроклимата в помещении могут быть определенными и отличными от других для конкретного помещения здания, отдельной зоны производственного помещения, что связано с индивидуальными особенностями людей, назначением и особенностями технологии в помещении. Тепло-, влаго- и газовыделения, называемые нагрузкой на систему кондиционирования воздуха, в отдельных помещениях определяются в зависимости от количества людей, ориентации и вида ограждений, технологии происходящих процессов, мощности освещения рабочих мест, режима работы. Поэтому нагрузки на систему кондиционирования воздуха в отдельных помещениях могут не совпадать ни по времени, ни по абсолютной величине. Число таких помещений значительно и может достигать 100 и более.

Главный принцип, которым следует руководствоваться при выборе технических решений в процессе проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха – обеспечение экологически чистого воздушного режима в зданиях в экономически целесообразных пределах.

Прогнозирование оптимального расхода воздуха для отдельных помещений составляет основную исходную информацию для принятия указанных решений в процессе планирования режимов работы оперативно-

диспетчерского управления центральной системы кондиционирования воздуха.

Своевременное получение информации о предстоящем расходе имеет большое значение для оценки надежности и предельных режимов, а также для достижения оптимальной воздушной среды. Точность прогноза по расходу воздуха существенно влияет на эффективность работы всей системы.

Известно, что на величину объема воздуха в помещениях оказывают влияние такие факторы, как метеорологические параметры, активность людей и т. д.

Поэтому, для того чтобы прогнозировать количество воздуха по помещениям, обрабатывается следующая информация:

- прогнозная метеорологическая информация об окружающей среде. Необходимо учитывать метеорологическую обстановку местности, которая ожидается в момент прогноза. Однако эти данные расплывчаты и не дифференцируемы по отдельным категориям помещений;

- регистрационная информация – информация о расходе воздуха в помещениях в предшествующий период;

- факторы неопределенности – непредусмотренные изменения в расходе воздуха в отдельных помещениях.

В настоящее время существует много методов прогнозирования. Качество прогноза во многом зависит от выбранной математической модели. Основным недостатком существующих методов являются необходимость построения модели нагрузки, постоянное уточнение готовой модели и неточное установление соотношения между входными и выходными переменными, так как зависимости между ними нелинейные [1].

Для решения задачи прогнозирования используются регрессивные модели [2], но в последние десятилетия были предложены модели на основе искусственных нейронных сетей [3].

Предпочтение их традиционным статистическим моделям при одинаковой точности прогнозирования обусловлено возможностью использования большего количества разнообразных входных переменных, в том числе и лингвистических [4]. При этом функция зависимости выходных параметров модели от входных переменных, характеризующих воздушные режимы в помещениях и различные факторы, влияющие на их величину, может быть какой угодно сложной, т. е. иметь способность восстанавливать нелинейные функциональные зависимости.

Следует отметить, что при использовании нейронной сети для прогнозирования расхода воздуха по помещениям нет необходимости построения модели объекта. Нейронная сеть имеет хорошую работоспособность в условиях неполных данных, возможно использование малых обучающих выборок, не обеспечивающих получение статистически достоверных результатов классическими методами.

Кроме того, существующие классические методы прогнозирования в большинстве случаев оказываются неспособными работать с быстроизменяющимися процессами. Такие изменения в поведении прогнозируемой величины требуют дообучения системы, а иногда переформирования ее структуры. При этом необходимо заметить, что обучение одной такой нейронной сети из-за плохой сходимости требует огромных временных затрат,

которые недопустимы для прогнозирования. Кроме того, существующие средства и подходы уменьшения времени обучения нейронных сетей либо дают выигрыш во времени, но не дают возможность сети экстраполировать свои выводы за область известных данных, либо имеют существенные ограничения на условия решаемой задачи и на структуру нейронной сети. Сама же система моделирования из-за специфики своей направленности не может быть использована в качестве полноценной системы прогнозирования.

Учитывая перечисленные моменты, по одной нейронной сети сложно установить закономерности между входными и выходными параметрами. Решение этой проблемы возможно, если обучить несколько нейронных сетей одновременно.

На основании приведенной выше схемы предлагаем специальную методику прогнозирования расхода воздуха для отдельных помещений на основе нейронной сети.

Предлагаемая система состоит из специально разработанных трех параллельно работающих нейронных сетей. Кроме того, в сети информация о погодных условиях не используется, так как, во-первых, обучающая выборка формируется из ретроспективных данных, измеренных в течение одного интервала регистрации (часовые, дневные, месячные), во-вторых, предлагаемые нейронные сети переобучаются после каждого поступления новой информации.

Обучение сети происходит вне реального времени (рис. 1).

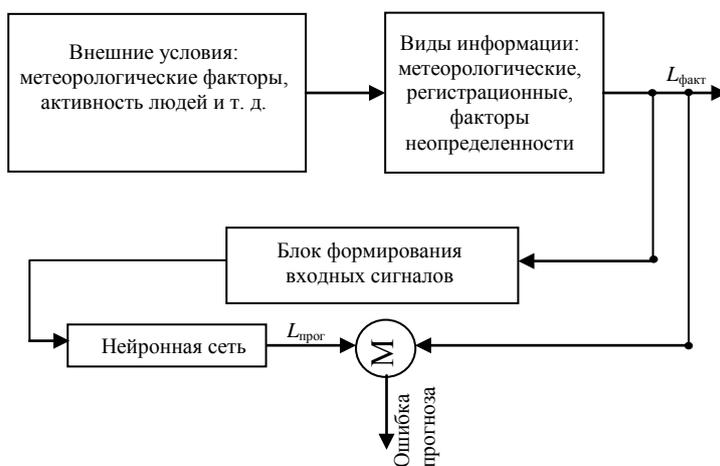


Рис. 1. Этапы решения прогнозирования расхода воздуха по помещениям

Чтобы решить задачу с помощью предлагаемой комбинированной нейронной сети, необходимо выбрать конфигурацию каждой нейронной сети, входящей в состав, и сформировать правила, при которых будет работать данная нейронная сеть. Для обеспечения работы синхронизации нейронной сети, входящей в состав комбинированной сети, выбираем для всех них одинаковые конфигурации – трехслойные последовательные нейронные сети.

Для прогнозирования расхода воздуха в качестве входных параметров используются значения расхода воздуха предыдущих интервалов времени, а заранее известным результатом являются нагрузки прогнозируемого периода.

Информация, поступающая в нейронную сеть, обрабатывается в следующем порядке: в блоке предобработки выполняется классификация входных данных и проверяются полнота, равномерность и противоречивость каждого класса обучающей выборки. Классифицируемые данные поступают на первый слой нейронов, задачей которого является распределение входных данных между нейронами второго слоя. Нейроны второго слоя суммируют информацию, полученную от нейронов первого слоя, преобразуют ее и передают нейронам третьего слоя. Нейроны третьего слоя выполняют аналогичные действия, с той разницей, что выходные сигналы поступают в интерпретатор ответов.

Перед составлением обучающей выборки должен быть проведен анализ данных, выбранных для ее формирования. Целью этого анализа являются классификация входных данных и исключение из обучающей выборки противоречивых и резко выделяющихся из всех остальных данных.

Типовой график расхода воздуха по помещениям здания для каждого класса характеризуется следующими компонентами: средняя величина расхода воздуха, максимальное и минимальное значения и случайная составляющая.

Для получения более точного графика расхода воздуха в прогнозируемый период предлагаем использовать следующие обучающие методы:

- первая нейронная сеть прогнозирует значение расхода воздуха в каждом интервале рассматриваемого периода с использованием метода окон или метода Z ;
- вторая нейронная сеть предсказывает с использованием максимальных и минимальных значений расхода воздуха в прогнозируемый период;
- третья нейронная сеть предсказывает будущий тренд на основе оптимальной экстраполяции стохастических функций расхода воздуха. Кроме прогнозируемых значений, каждая нейронная сеть представляет информацию о точности прогнозирования расхода воздуха в предшествующий период времени.

Все нейронные сети состоят из входного, скрытого и выходного слоев. Во входном слое данные группируются по классам и при необходимости нормализуются. В скрытом слое в соответствии с указанным выше нейроалгоритмом обрабатываются входные данные. В выходном слое формируются прогнозные значения и они подаются на блок анализа результатов трех нейронных сетей. В зависимости от принятия решения блок анализа каждой нейронной сети имеет возможность использовать результат другой нейронной сети в качестве входного сигнала.

Ответы, полученные от трех нейронных сетей, обрабатываются в специальном алгоритме (рис. 2).

Задачей этого алгоритма является анализ точности прогнозирования нейронной сети в предыдущий момент времени и корректировка ответов одной нейронной сети по результатам другой. Наибольшее доверие оказывается нейронной сети, ответы которой точнее совпадают с реальными

данными, т. е. имеют меньшую ошибку прогнозирования в предыдущий момент времени. На основании результатов, полученных на выходе трех нейронных сетей, формируется выход как взвешенное среднее.

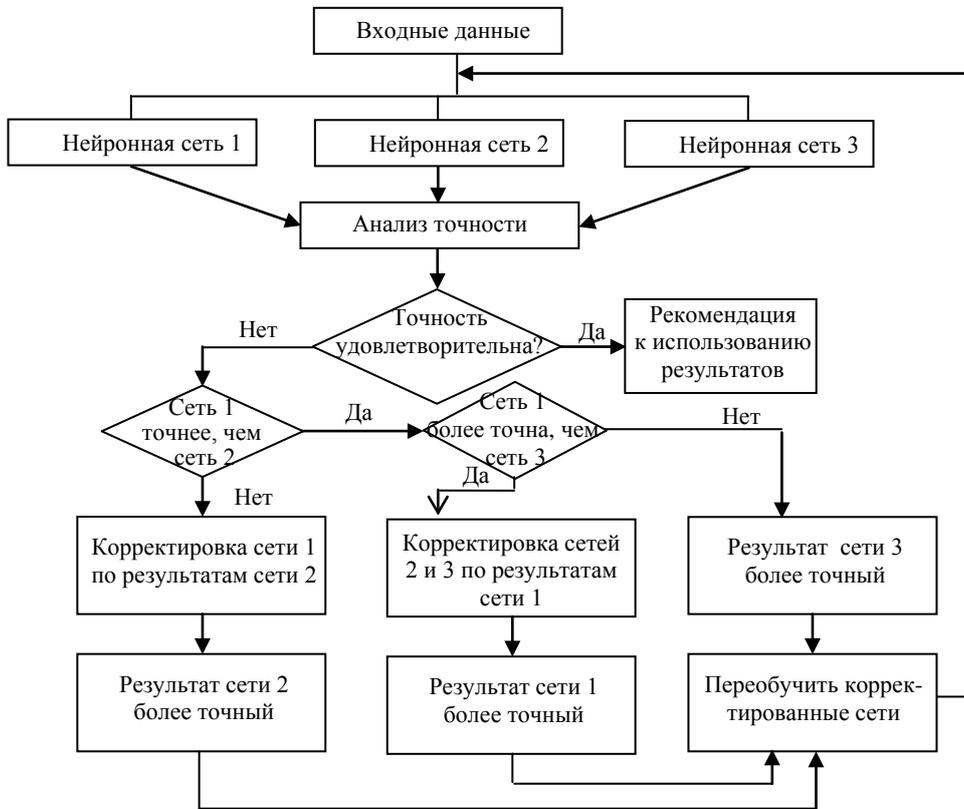


Рис. 2. Алгоритм получения прогнозных значений комбинированных искусственных нейронных сетей

Предлагаемая методика прогнозирования расхода воздуха с различными нейронными сетями позволяет выявить те аспекты данного процесса, которые в основном приводят к значительным затратам времени. Однако идеально обученной считается такая сеть, глобальная ошибка которой равна нулю. Но для реальных задач обучение нейронной сети до такой степени представляет собой достаточно трудоемкую задачу, а нередко и вовсе не разрешимую. Рассматривая эту задачу с точки зрения практики, можно сказать, что далеко не всегда необходима 100%-я точность.

Каждая конкретная нейронная сеть имеет свои требования и ограничения по скорости и качеству получения результатов в зависимости от применяемого алгоритма обучения. Поэтому обучение предлагается проводить до момента успешного достижения некоторого достаточного значения функции ошибки для всех нейронных сетей.

Следует отметить, что большинство используемых сегодня алгоритмов обучения нейронных сетей базируется на оценочной функции, которая дает представления о качестве работы всей системы в целом. При этом имеется некоторый алгоритм, который в зависимости от полученного значения этой оценки каким-то образом подстраивает изменяемые параметры системы и производит пересчет всех параметров. Можно сказать, что такой подход к

обучению обладает высокой насыщенностью причинно-следственных связей, что одно событие неизбежно влечет за собой другое. В данном случае изменение параметра одной связи системы предполагает выполнение такой же процедуры и для всех остальных связей. Это приводит к тому, что обычно нельзя подавать в сеть входные данные в их истинном диапазоне величин и получать от сети результаты в требуемом диапазоне. Поэтому перед подачей входных данных в сеть их необходимо нормировать, например в диапазоне значений $[-1, 1]$ или $[0, 1]$, либо делать так, чтобы выходные сигналы не слишком сильно выходили за пределы этих отрезков. Наиболее часто нормировку выполняют следующим образом (каждая компонента входного класса данных L_i заменяется указанной величиной):

$$L_i = \frac{L_i - L_{i\min}}{L_{i\max} - L_{i\min}},$$

где $L_{i\max}$ и $L_{i\min}$ – соответственно максимальное и минимальное значения, вычисленные по всей обучающей выборке.

По этой же формуле пересчитываются и компоненты векторов ответов. Обычно в качестве \min и \max величин берут их данные, существующие на настоящий момент, и в дальнейшем нормировку не меняют, а если предполагается, что в дальнейшем поступят сильно отличающиеся данные, то \min и \max величины, которые задаются пользователем по его оценке. Иными словами, эти величины должны вводиться в момент создания сети и в дальнейшем не зависеть от обучающей выборки.

Нетрадиционный подход к прогнозированию расхода воздуха по помещениям здания с использованием трех нейронных сетей повышает совершенство моделей прогноза, заключающееся в возможности использования предлагаемой методики прогнозирования расхода воздуха для различных категорий помещений. Эти модели легко адаптируются к изменениям в системе обеспечения микроклимата и независимы от категории помещений.

ВЫВОДЫ

1. Обоснована возможность применения современных информационных технологий при прогнозировании расхода воздуха для различных помещений.
2. Предложен алгоритм прогнозирования расхода воздуха для помещений здания с применением современных информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куржанский, А. Б. Управление и наблюдение в условиях неопределенности / А. Б. Куржанский. – М.: Наука, 1977. – 392 с.
2. Бендат, Дж. Применение корреляционного и спектрального анализа / Дж. Бендат, А. Пирсон. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
3. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов, М. И. Длин, Р. Ю. Голуков. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
4. Алиев, Р. А. Теория интеллектуальных систем и ее применение / Р. А. Алиев, Р. Р. Алиев. – Баку, 2001. – 719 с.

Представлена кафедрой систем газоснабжения
и обеспечения микроклимата

Поступила 10.10.2007