

УДК 004.896(045)

DOI: 10.22213/2410-9304-2022-3-76-87

Разработка интеллектуальной климатической системы для умного дома

Д. М. Нечеухина, студент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
М. А. Аль Аккад, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Эта статья посвящена решению проблемы оптимизации и автоматизации процесса подбора температуры для помещения с возможностью учета других параметров. Климатическая система должна подбирать комфортную температуру для пользователя путем анализа взаимодействия пользователя с оборудованием климатической системы; поддерживать комфортную температуру в помещении; информировать пользователя об аномальных ситуациях, таких как неисправность оборудования, и возможном пожаре. Человеку сложно определить точную температуру в помещении и, как следствие, конкретно для себя, какая температура для него комфортна, данная климатическая система призвана оптимизировать и автоматизировать процесс подбора температуры для помещения. Для работы системы необходимо любое климатическое оборудование (обогреватель, кондиционер и стационарный компьютер), на которое будет установлено разрабатываемое приложение для управления системой и микроконтроллер, подключенный к компьютеру. К микроконтроллеру должны быть подсоединены три датчика температуры и климатическое оборудование, каждое из которых подсоединено через коммутационное устройство. Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи: осуществить сбор данных для прогнозирования; разработать нейронную сеть для прогнозирования комфортного климата в доме; разработать приложение для управления системой и информирования о текущей температуре; разработать систему оповещений в аномальных ситуациях. Данная тема дипломного проекта выбрана с целью изучения процессов автоматизации дома и работы нейронных сетей. В результате получилась работоспособная климатическая система с использованием микроконтроллера Arduino. Основными критериями этой работы являются: обеспечение энергоэффективности, масштабируемости и простоты использования. Предлагаемая климатическая система призвана предоставить пользователю возможность выбирать любое оборудование для его системы и не утруждаться настройкой системы, так как она будет оснащена интеллектуальным модулем, который за счет включения и выключения пользователем оборудования подберет комфортный климат.

Ключевые слова: климатическая система, интернет вещей, управление, искусственный интеллект, нейронные сети, машинное обучение.

Введение

Целью данной работы является разработка интеллектуальной климатической системы для умного дома [1]. Применение интернета вещей сегодня является актуальным вопросом, так как люди хотят обустроить дом умной техникой, чтобы меньше беспокоиться о бытовых вопросах. Интернет вещей реализуется во множестве отраслей [2]. Основная идея заключается в сборе, анализе и передаче данных, за счет чего техника подстраивается под нужды пользователя с минимальным вмешательством последнего [3]. Умный дом – это система автоматизации жилых помещений, включающая в себя контроль и управление светом, отоплением, вентиляцией и сигнализацией [4] и др. Основными критериями умного дома являются: обеспечение энергоэффективности, масштабируемости и простоты использования [5]. Как правило, умный дом имеет в своей основе алгоритм, который в зависимости от показаний датчиков посылает сооб-

щения контроллеру [6]. Показания с датчиков сравниваются с оптимальными для пользователя, в зависимости от этого система выполняет действие – через обратную связь посылает команды исполнительным элементам. В данной работе будет рассмотрена одна из систем для умного дома – климатическая, которая чаще всего состоит из обогревателя и кондиционера, которые поддерживают установленный климат в помещении. Разрабатываемая климатическая система призвана предоставить пользователю возможность выбирать любое оборудование для его системы и не утруждаться настройкой системы, так как она будет оснащена интеллектуальным модулем, который за счет включения и выключения пользователем оборудования подберет комфортный климат [7].

Разработка системы

Система соответствует следующим критериям: высокая точность прогнозирования комфортной температуры; срабатывание оповеще-

ний о пожаре и работе оборудования по датчику температуры; осуществлена поддержка комфортной температуры в помещении; простота

и удобство эксплуатации; проект легко доработать и модернизировать. На рис. 1 представлена диаграмма вариантов использования.

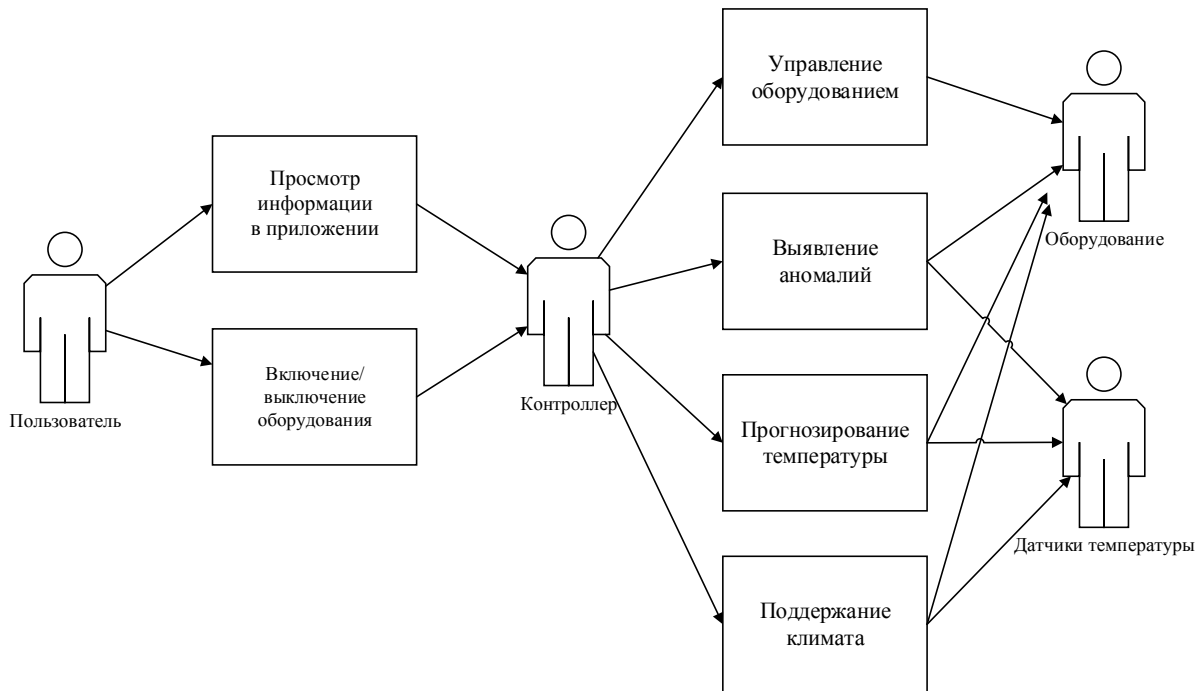


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Fig. 1. Use case diagram



Рис. 2. Структурная схема системы

Fig. 2. Block diagram of the system

В основе системы лежит модульная структура: модуль «Интеллектуальная система» предназначен для прогнозирования комфортной температуры пользователю и выявления аномальных ситуаций [8], так как может произойти пожар или оборудование придет в неисправность; модуль «Пользовательское приложение» предназначено для ручного управления оборудованием и информирования пользователя о текущей температуре, прогнозируемой температуре, состоянии оборудования и аномальных

ситуациях; модуль «Контроллер управления оборудованием» предназначен для сбора и хранения данных для прогнозирования и обеспечения автоматического управления оборудованием [9]. На рис. 2 представлена структурная схема системы.

На рис. 3 представлена схема взаимодействия элементов системы.

На рис. 4 представлена схема логики работы программы.



Рис. 3. Схема взаимодействия элементов системы

Fig. 3. Scheme of interaction of system elements

Разработка задач системы

В рамках математической постановки задачи для обеспечения функции информирования о прогнозируемой температуре будем использовать следующие присвоения:

$$climat_{system} = f(c_1, c_2, c_3, c_4), \quad (1)$$

где $climat_{system}$ – это климатическая система, функцией которой является последовательное выполнение действий; c_1, c_1 – функция сбора данных; c_2 – функция обработки полученных данных в нейронной сети и формирование ком-

фортной температуры; c_3 – функция информирования о прогнозируемой температуре; c_4 – функция поддержки комфортного климата. Выполнение функции сбора данных можно описать следующей формулой:

$$c_1 = f(a_1, a_2, a_3), \quad (2)$$

где c_1 – это функция получения данных; переменные a_i – это показатели климатической системы, такие как температура в помещении, в момент ручного управления оборудованием, тип управляемого оборудования, тип управления включение/выключение.

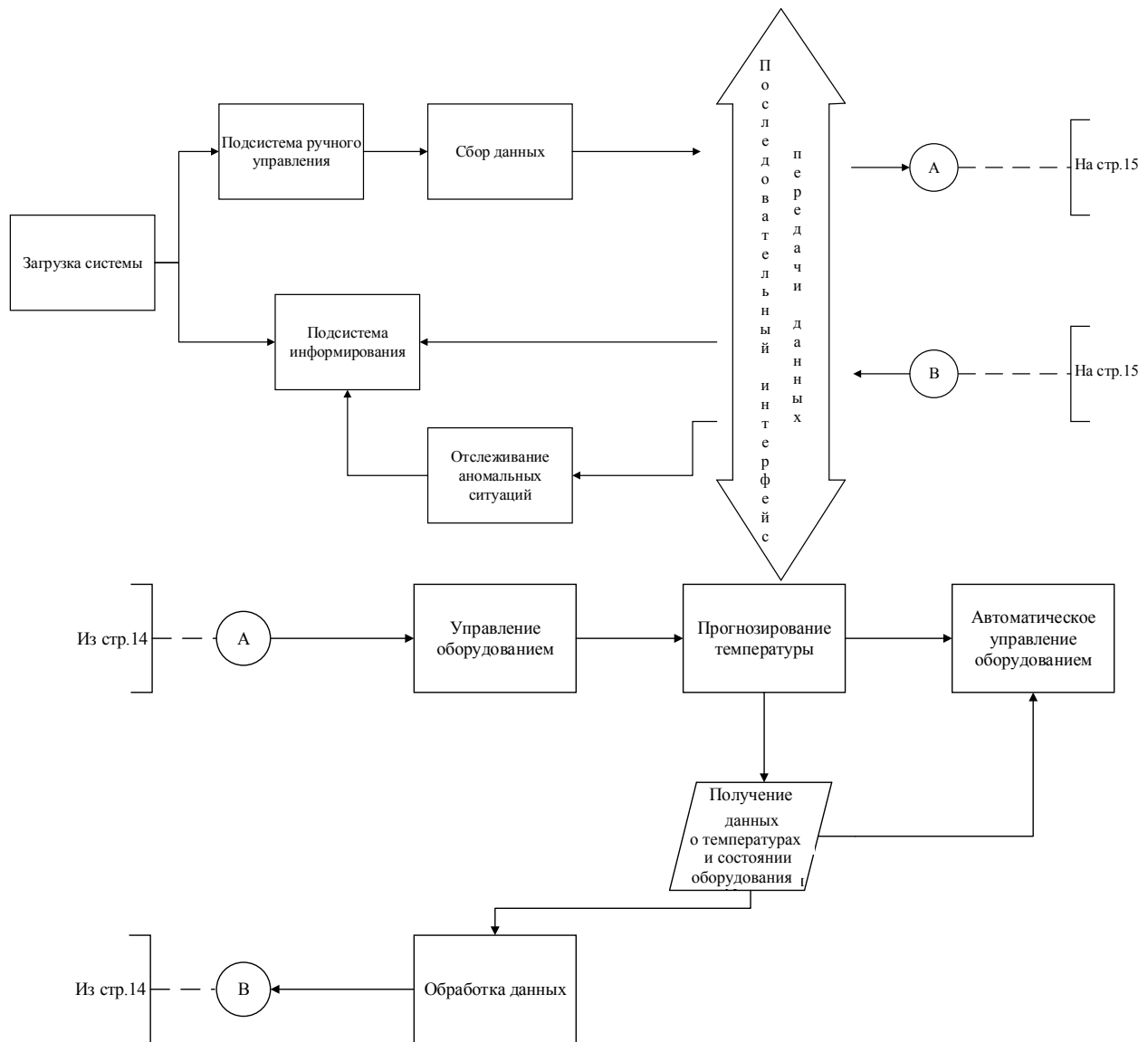


Рис. 4. Схема логики работы программы

Fig. 4. Scheme of the logic of the program

Обработка получаемых данных осуществляется нейронной сетью:

$$c_2 = \sum_{i=0}^n x_i^* w_i, \quad (3)$$

где n – число входов нейрона, x_i – значение i -го входа нейрона, w_i – вес i -го синапса.

Информирование пользователя о прогнозируемой температуре можно описать формулой

$$c_3 = b_i, \quad (4)$$

где b_i – это совокупность возможных вариантов комфортной температуры, описываемая формулой

$$b_i = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}. \quad (5)$$

Результат работы функции s_3 сравнивается с существующими вариантами комфортной температуры и выводится в окно пользовательского приложения.

Для обеспечения функции информирования об аномальных ситуациях (пожар, неисправность оборудования) будем использовать следующие присвоения:

$$climat_system = f(e_1, e_2), \quad (6)$$

где $climat_system$ – это климатическая система, функцией которой является последовательное выполнение действий; e_1 – функция сбора данных; e_2 – функция информирования об аномальных ситуациях. Выполнение функции сбора данных можно описать формулой

$$e_1 = f(t_1, t_2, t_3), \quad (7)$$

где e_1 – это функция получения данных; переменные t_1 – это показатели температуры с датчиков температуры, первый из которых установлен в помещении, остальные два в непосредственной близости к оборудованию: обогревателю и кондиционеру соответственно [10]. Информирование пользователя об аномальных ситуациях можно описать формулой

$$e_2 = y_i, \quad (8)$$

где y_i – это совокупность возможных вариантов уведомлений, описываемая формулой

$$y_i = \{y_1, y_2, \dots, y_k\}. \quad (9)$$

Результат работы функции e_2 сравнивается с существующими вариантами уведомлений для пользователя, которые выводятся в окно пользовательского приложения. Для обеспечения функции поддержания климата будем использовать следующие присвоения:

$$c_4 = f(b, t_1, k), \quad (10)$$

где c_4 – это функция поддержания комфортной температуры; b – прогнозируемая комфортная температура; t_1 – температура с датчика температуры, установленного в помещении; k – функция управления оборудованием для поддержки температуры. Выполнение функции управления оборудованием описывается следующей формулой:

$$k = f(d_i, state_i), \quad (11)$$

где d_i – это совокупность возможных вариантов типов оборудования, описываемая следующей формулой:

$$d_i = \{heater, condition\}, \quad (12)$$

где *heater* – обогреватель, *condition* – кондиционер.

$state_i$ – состояние оборудования, описываемого формулой

$$state_i = \{on, off\}, \quad (13)$$

где *on* – включено, *off* – выключено.

Таким образом, полноценная работа климатической системы сводится к выполнению функций сбора данных, обработки данных, информирования и поддержки климата. Получать

данные будем с контроллера в виде структуры [11]. Схема структуры представлена на рис. 5.

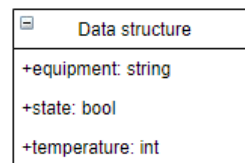


Рис. 5. Схема структуры

Fig. 5. Diagram of the structure

Необходимой информацией в данной задаче будет являться тип оборудования (обогреватель, кондиционер), включено/выключено (0, выключено; 1, включено) и температура при данном событии.

Пример работы приведен на рис. 6, где первое значение в строке – это тип оборудования (*heater* – обогреватель; *aircondit* – кондиционер), второе – состояние (0 – выключено, 1 – включено), третье – температура, при которой произошло событие. Для того чтобы данные запрашивались регулярно, настроен запуск программы по событию, ручное управление пользователя. Алгоритм решения процедуры сбора данных представлен в виде схемы на рис. 7.

```

heater 0 27
aircondit 1 27
heater 1 16
  
```

Рис. 6. Пример сбора данных

Fig. 6. An example of data collection

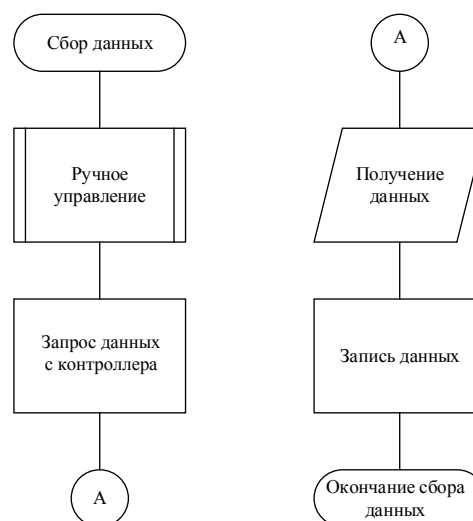


Рис. 7. Алгоритм сбора данных

Fig. 7. Data collection algorithm

Рассмотрим описание алгоритма работы нейронной сети. Нейронная сеть – сеть искусственных нейронов – является вычислительной моделью, похожей по структуре на биологическую нейронную сеть [12]. Нейронная система человека состоит из трех уровней: рецепторов, нейронной сети и эффекторов. Рецепторы получают сигналы изнутри либо из внешней среды, а затем передают данные в нейроны в виде электрических импульсов [13].

Далее нейронная сеть обрабатывает входные импульсы и принимает решение о значении выходного сигнала. Затем эффекторы преобразуют электрические импульсы из нейронной сети в реакцию во внешней среде. На рис. 8 показана двунаправленная связь между уровнями обратной связи.

В модели искусственного нейрона приняты следующие обозначения: x_i – вход нейрона; w_i – весовой коэффициент по входу (weight), синапс; b – смещение (bias); Σ – операция (блок) сумми-

рования; s – сумма, взвешенная сумма входов; y – выход нейрона; $f(s)$ – функция активации нейрона. Разработка искусственной нейронной сети необходима для определения комфортного климата в доме. Далее для удобства примем сокращение ИНС – искусственная нейронная сеть. Для реализации ИНС был выбран язык программирования C/C++ для возможности загрузки ее на контроллер [14]. В качестве топологии ИНС была выбрана многослойная прямопоточная сеть, которая является классической для решения задач прогноза по обучению с подкреплением. На рис. 9 представлена структура искусственной нейронной сети, состоящей из входного слоя, скрытых слоев и выходного слоя. Первый и скрытый слой обеспечивает реализацию сигмоидальной функции активации F , а третий слой реализует линейную функцию активации L и служит для формирования выходного значения нейросети.

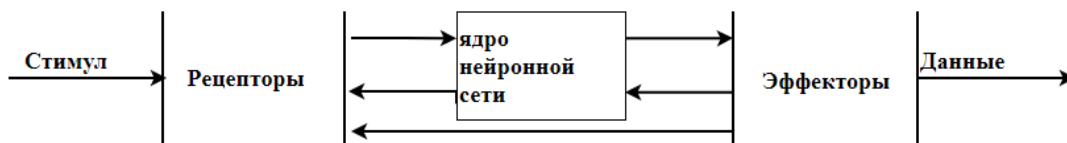


Рис. 8. Связь между уровнями биологической нейронной системы

Fig. 8. Relationship between the levels of the biological neural system

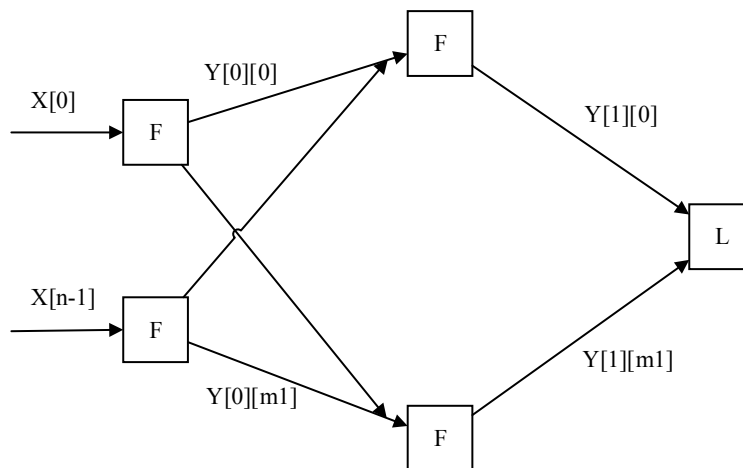


Рис. 9. Структура искусственной нейронной сети

Fig. 9. Structure of an artificial neural network

На рис. 9 используются следующие обозначения: $X[0] \dots X[n-1]$ – значения входов ИНС; n – количество входов ИНС; $Y[0][0] \dots Y[0][m1-1]$ – значения выходов нейронов слоя 1 ИНС; $Y[1][0]$ – значения выхода нейрона слоя 1 ИНС и выхода ИНС в целом; $m1$ – количество нейронов соответствующих слоев ИНС.

В качестве обучения ИНС используется алгоритм обучения с подкреплением. Алгоритм обучения с подкреплением является разновидностью машинного обучения, при котором нейронная сеть (агент) учится действовать в окружающей среде, выполняя действия и наблюдая результаты своих действий. На рис. 10 пред-

ставлен упрощенный процесс взаимодействия агента со средой и используются следующие обозначения: $S(t)$ – состояние среды «state» на шаге t ; $a(t)$ – действие агента «action» на шаге t ; $r(t)$ – награда «reward» на шаге t .

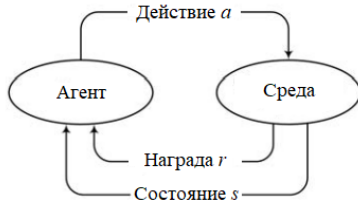


Рис. 10. Взаимодействие ИНС (агента) со средой

Fig. 10. Interaction of ANN (agent) with the environment

0,1,26
1,0,26
0,0,21
1,0,24
0,0,20

Рис. 11. Фрагмент данных для тестирования

Fig. 11. Data fragment for testing

На начальном этапе обучения ИНС инициализируются предполагаемые веса, которые в дальнейшем корректируются за счет награды от среды, действия или бездействия пользователя. Таким образом, обучение ИНС происходит непосредственно пользователем, что позволяет наиболее индивидуально подобрать под него климат. Каждый раз после изменения весов, а соответственно, и предполагаемого комфортного климата все данные нейронной сети записываются и сохраняются в ее структуре на контроллере. Данными для ИНС будет взаимодействие с пользователем, как пользователь реагирует на подобранный ей климат. Таким взаимодействием можно считать данные о включении/выключении прибора, типе прибора и текущей температуре. Фрагмент данных, на которых производилось тестирование, представлен на рис. 11, где первое значение обозначает тип оборудования (0 – кондиционер; 1 – обогреватель), второе значение – тип взаимодействия с оборудованием (0 – выключено; 1 – включено), последнее значение в строке – температура, при которой произошло взаимодействие. Результат: вероятнее всего, для пользователя будет комфортна температура в помещении 22 °С. Уровень активации нейрона определяется суммой произведений входного сигнала x_i на соответствующий вес w_i . Математически работа нейрона описывается формулой

$$s = \sum_{i=1}^n x_i^* w_i + b. \quad (14)$$

Для удобства описания работы нейрона смещение b в некоторых источниках задают с помощью дополнительного фиктивного входа $x_0 = 1$ и соответствующего синапса $w_0 = b$. Получают формулу

$$s = w_0 + \sum_{i=1}^n x_i^* w_i, \quad (15)$$

где n – число входов нейрона; x_i – значение i -го входа нейрона; w_i – вес i -го синапса. Затем определяется значение аксона нейрона по формуле

$$y = f(s), \quad (16)$$

где f – некоторая функция, которая называется активационной. Наиболее часто в качестве активационной используется сигмоидальная функция, которая представлена в формуле

$$f(s) = \frac{1}{1 + \exp^{-\alpha s}}, \quad (17)$$

где α – параметр, влияющий на крутизну перехода, обычно $\alpha = 1$. Основное достоинство этой функции в том, что она дифференцируема на всей оси абсцисс и ее производная выражается через саму себя:

$$(f(s))'_s = \alpha * f(s) * (1 - f(s)). \quad (18)$$

При уменьшении параметра α сигмоида становится более полой, вырождаясь в горизонтальную линию на уровне 0,5 при $\alpha = 0$. При увеличении α сигмоида все больше приближается к функции единичного скачка. Функция усиливает малые входные значения и ограничивает выходы при больших входных значениях ($0 < y < 1$). В процессе обучения вес синапсов меняется в соответствии с формулой (19), сигнальный метод Хебба, что позволяет прогнозировать комфортную температуру:

$$w_{ij} = w_{ij}(t-1) + \alpha * y_i^{n-1} * y_j^n, \quad (19)$$

где y_i^{n-1} – выходное значение нейрона i слоя $(n-1)$; y_j^n – выходное значение нейрона j слоя n , w_{ij} ; $w_{ij}(t-1)$ – весовой коэффициент синапса, соединяющего эти нейроны, на итерациях t и $t-1$ соответственно; α – коэффициент скорости обучения. ИНС загружается на контроллер, ее обучение происходит в период эксплуатации пользователем его климатического оборудования. В результате работы ней-

ронная сеть прогнозирует комфортную температуру для пользователя. Вычисляется температура на контроллере, который в дальнейшем поддерживает эту температуру. Результаты обучения ИНС записываются в соответствующую структуру в контроллере. Структура обновляется после каждого взаимодействия пользователя с оборудованием. Алгоритм функции прогнозирования температуры представлен в виде схемы на рис. 12.



Рис. 12. Алгоритм прогнозирования температуры

Fig. 12. Temperature prediction algorithm

Рассмотрим описание алгоритма информирования пользователя о работе системы. Данный алгоритм необходим для информирования пользователя о работе системы. В него входит информация о температуре в помещении, прогнозируемой температуре, состоянии оборудования (включено/выключено), а также предусмотрены уведомления в случае выявления аномальных ситуаций, таких как пожар и неисправность оборудования [15]. В качестве входной информации используется информация с контроллера. Для информирования о температуре в помещении используется информация с датчика температуры, установленного в доме; о состоянии оборудования и его типе проверяется, на какие входы/выходы поступает ток; данные о предполагаемой комфортной температуре считываются с переменной. Входной информацией для выявления аномалий служат показания температуры с трех датчиков, два из которых установлены непосредственно в оборудование либо максимально близко к нему и один датчик установлен в помещении. Всего

в системе предполагается минимум 3 датчика. В качестве результата решения выступает информация, выводимая в пользовательское приложение. Схема алгоритма информирования пользователя о состоянии системы представлена на рис. 13. Схема алгоритма выявления и информирования пользователя при аномальных ситуациях представлена на рис. 14.

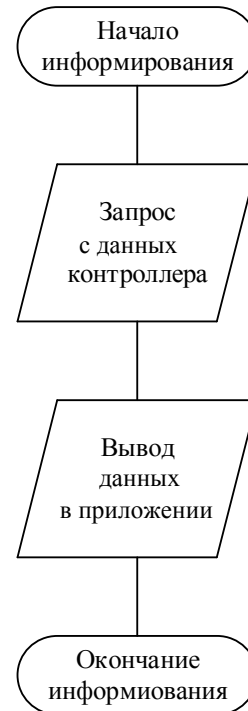


Рис. 13. Алгоритм информирования пользователя

Fig. 13. Algorithm for informing the user

Возможность выявления аномальных ситуаций обеспечивается датчиками температуры. Два датчика установлены в каждое оборудование и проверяют, меняется ли температура, когда на оборудование подается ток. За выявление пожара отвечает основной датчик температуры, установленный в помещении. Проверка осуществляется за счет сравнения показаний датчика с пороговой температурой, 50°C , которая свидетельствует о пожаре.

Рассмотрим описание алгоритма поддержания климата. Данный алгоритм необходим для создания и поддержки комфортной температуры в помещении. Контроллер попеременно включает и выключает климатическое оборудование, в результате чего достигается комфортная температура в помещении.

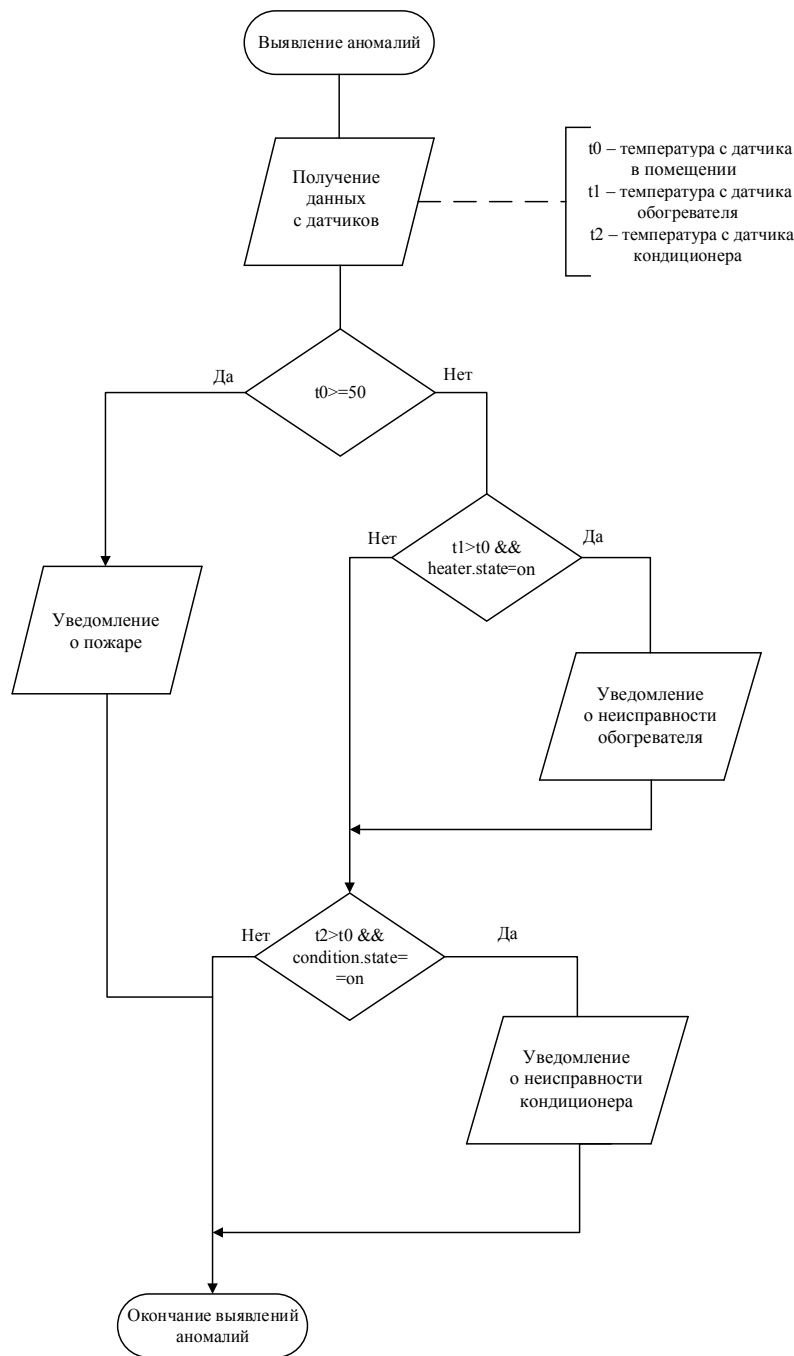


Рис. 14. Схема алгоритма выявления аномалий

Fig. 14. Scheme of the anomaly detection algorithm

В качестве входной информации используется прогнозируемая ИНС температура и текущая температура с датчика температуры, установленного в помещении. В качестве результата решения выступает отсутствие сильных колебаний температуры (1–2 градуса) с сохранением температурного режима в помещении. Для алгоритма поддержания температуры используется текущая температура с датчика температуры, установленного в помещении, и прогнозируемая

температура, хранящаяся в переменной. Данные этих двух переменных сравниваются, в результате чего включается соответствующее оборудование на время, пока температура с датчика не станет равна прогнозируемой температуре. Схема алгоритма поддержания температуры представлена на рис. 15. В качестве датчика температуры выбран датчик TMP36GZ в корпусе TO92. Данный датчик является аналоговым, диапазон измеряемых температур от –40 до

150 °С. Так как датчик является аналоговым (значение температуры измеряется в милливольтах), необходимо преобразование напряжения в температуру по формуле

$$Temp = ((V_{out}) - 500) / 10, \quad (20)$$

где $Temp$ – значение температуры в градусах Цельсия; V_{out} – выходной сигнал с датчика температуры. Оповещение об аномальных ситуациях отображено в отдельном окне пользовательского приложения. Один из вариантов оповещения представлен на рис. 15. Система предназначена для автоматизации процесса подбора температуры помещения под конечного пользователя. Также система призвана поддерживать

температуру в помещении и отслеживать работоспособность оборудования.

Для работы системы необходимо выполнить следующие условия: подключить оборудование к контроллеру; подключить датчики температуры к контроллеру; установить датчики температуры в помещении. Один из датчиков необходимо установить равноудаленно от климатического оборудования, другие два датчика устанавливаются в непосредственной близости к оборудованию; подключить контроллер к стационарному компьютеру. Сначала необходимо запустить Climat.exe. Далее с помощью кнопок в открывшемся окне производится управление климатическим оборудованием.

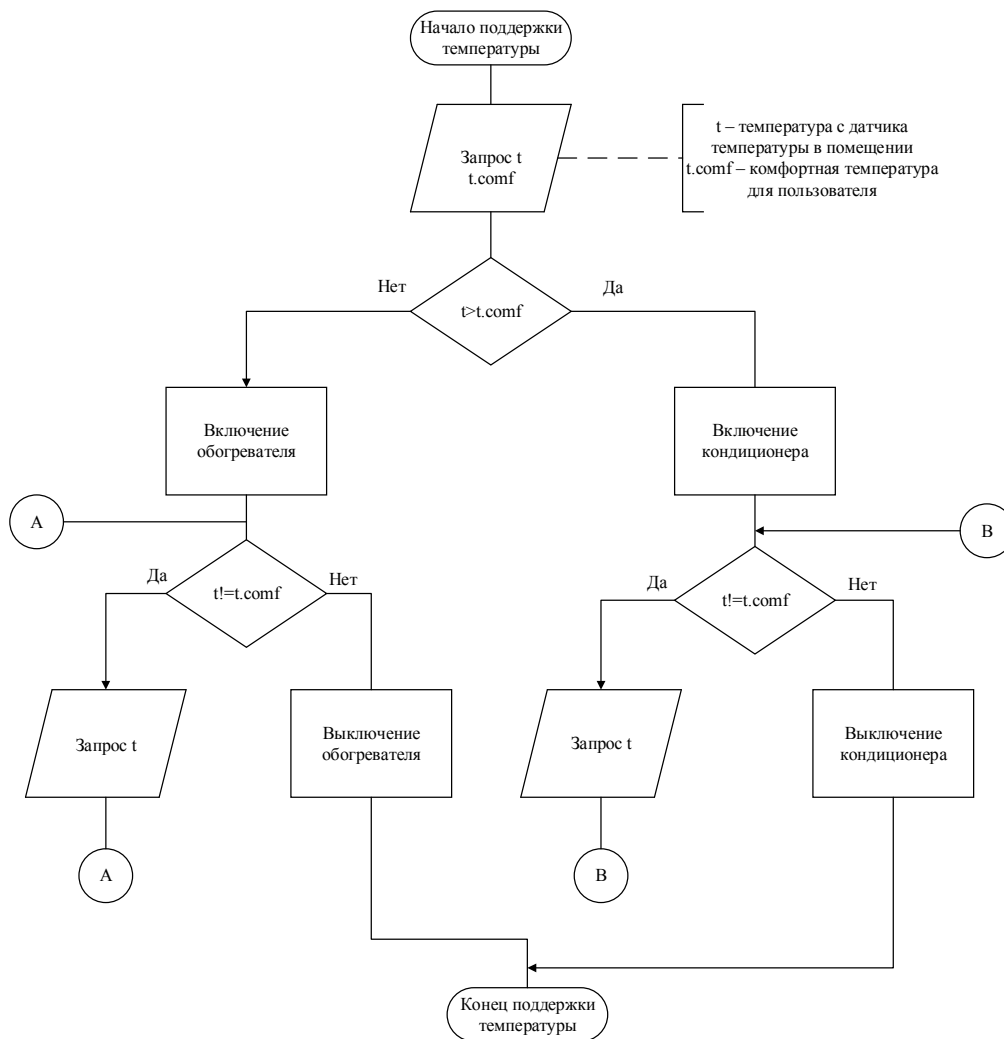


Рис. 15. Схема алгоритма поддержания температуры в помещении

Fig. 15. Scheme of the algorithm for maintaining the temperature in the room

Заключение

В ходе работы была упрощена настройка климатической системы для конечного пользователя путем разработки интеллектуальной систе-

мы. В результате были реализованы следующие задачи: разработан модуль сбора данных для прогнозирования; разработана нейронная сеть для прогнозирования желаемого климата в доме;

разработано пользовательское приложения для управления системой и информирование о текущей температуре; разработана система оповещений пользователя в аномальных ситуациях. Разработанная климатическая система имеет возможность дополнительной модернизации, например добавления датчиков увлажнения, что позволит подстраивать температуру в помещении, опираясь на погодные условия.

Библиографические ссылки

1. The Internet of Things: The Future of Consumer adoption. (2014). https://www.accenture.com/t20150624T211456_w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Technology_9/Accenture-Internet-Things.pdf.
2. Alaa M., Zaidan A., Zaidan B., Talal M. and Kiah M. (2017). *A review of smart home applications based on Internet of Things*. Journal of Network and Computer Applications, vol. 97, p.p.48-65.
3. *Spacecontrol*. URL: <https://spacecontrol.ru/o-kompanii> (дата обращения: 12.04.2021).
4. *Умный обогреватель Smart 1S*. URL: <https://xiaomi-smarhome.ru/umnyj-obogrevatel-smartmi-1s> (дата обращения: 12.04.2021).
5. *Умный кондиционер Xiaomi Mijia Fresh Air Conditioner Pro*. URL: <https://rozetked.me/news/16697-xiaomi-mijia-fresh-air-conditioner-umnyu-kondicioner-s-pritochnoy-ventidyaciey> (дата обращения: 12.04.2021).
6. Zhongwang L., Bin D. (2021). *A networked smart home system based on recurrent neural networks and reinforcement learning*. Systems Science and Control Engineering, vol 9(1), p.p. 775-783.
7. Wilson H. (2018). *Artificial intelligence*. Grey House Publishing. ISBN 978-1-68217-867-6.
9. Arduino Uno R3, Программируемый контроллер на базе ATmega328. URL: <https://www.chipdip.ru/product/arduino-uno-r3>.
8. Manohar, S. (2017). *Mastering Machine Learning with Python in Six Steps*. Apress.
10. Программирование Arduino. URL: <https://arduinomaster.ru/program>.
11. Блум Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства / пер. с англ. СПб. : БХВ-Петербург, 2015.
12. Rezaul, B., Rafiul, H. (2006). *Artificial Neural Networks in Smart Homes*. Designing Smart Homes, pp. 146-164.
13. Teich, T., Roessler, F., Kretz, D., Franke, S. (2014). *Design of a Prototype Neural Network for Smart Homes and Energy Efficiency*, Procedia Engineering, vol. 69, p.p. 603-608.
14. Монк С. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. СПб. : Питер, 2017.
15. Nicholas L. (2021). *Anomaly Detection in Process Control Data with Machine Learning*. URL: <https://towardsdatascience.com/anomaly-detection-in-process-control-data-with-machine-learning-35056a867f5b> (дата обращения: 01.03.2021).

References

1. The Internet of Things: The Future of Consumer adoption. (2014). https://www.accenture.com/t20150624T211456_w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Technology_9/Accenture-Internet-Things.pdf.
2. Alaa M., Zaidan A., Zaidan B., Talal M. and Kiah M. (2017). *A review of smart home applications based on Internet of Things*. Journal of Network and Computer Applications, vol. 97, p.p.48-65.
3. *Spacecontrol*. URL: <https://spacecontrol.ru/o-kompanii> (дата обращения: 12.04.2021).
4. *Umnyi obogrevatel' Smart 1S* [Smart heater Smart 1S]. Available at: <https://xiaomi-smarhome.ru/umnyj-obogrevatel-smartmi-1s> (accessed 12.04.2021).
5. *Umnyi konditsioner Xiaomi Mijia Fresh Air Conditioner Pro* [Smart air conditioner Xiaomi Mijia Fresh Air Conditioner Pro]. Available at: <https://rozetked.me/news/16697-xiaomi-mijia-fresh-air-conditioner-umnyu-kondicioner-s-pritochnoy-ventidyaciey> (accessed 12.04.2021).
6. Zhongwang L., Bin D. (2021). *A networked smart home system based on recurrent neural networks and reinforcement learning*. Systems Science and Control Engineering, vol 9(1), p.p. 775-783.
7. Wilson H. (2018). *Artificial intelligence*. Grey House Publishing. ISBN 978-1-68217-867-6.
9. *Arduino Uno R3. Programmiruemyi kontroller na baze ATmega328* [Arduino Uno R3. Programmable controller based on ATmega328] Available at: www.chipdip.ru/product/arduino-uno-r3.
8. Manohar, S. (2017). *Mastering Machine Learning with Python in Six Steps*. Apress.
10. Программирование Arduino. URL: <https://arduinomaster.ru/program>.
11. Blum D. *Izuchaem Arduino: instrumenty i metody tekhnicheskogo volshebstva* [Learning Arduino: Tools and Techniques for Tech Wizardry]. St. Petersburg : BKhV-Peterburg Publ., 2015 (in Russ.).
12. Rezaul, B., Rafiul, H. (2006). *Artificial Neural Networks in Smart Homes*. Designing Smart Homes, pp. 146-164.
13. Teich, T., Roessler, F., Kretz, D., Franke, S. (2014). *Design of a Prototype Neural Network for Smart Homes and Energy Efficiency*, Procedia Engineering, vol. 69, p.p. 603-608.
14. Monk S. *Programmirem Arduino. Professional'naya rabota so sketchami* [Programming Arduino. Professional work with sketches]. St. Petersburg : Piter Publ., 2017 (in Russ.).
15. Nicholas L. (2021). *Anomaly Detection in Process Control Data with Machine Learning*. URL: <https://towardsdatascience.com/anomaly-detection-in-process-control-data-with-machine-learning-35056a867f5b> (дата обращения: 01.03.2021).

Development of Intelligent Climatic System for a Smart Home

D. M. Necheukhina, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

M. A. Al Akkad, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The article is devoted to the solution of optimization and automation problem of temperature selection for accommodation taking into account other possible parameters. Climatic system should select comfortable temperature for a user by analyzing user's interaction with climatic system equipment; maintain comfortable temperature in the accommodation; inform the user about abnormal situations like equipment failure and possible fire. It is difficult for a human being to determine the exact temperature value in the accommodation, and, consequently, it is difficult to define the temperature value comfortable for him/her, the present climatic system is to optimize and automatize temperature selection for an accommodation. Any climatic equipment suits for system operation (a heater, air conditioner and a desktop computer) to install the developed application for system control and a microcontroller connected to the computer. Three temperature sensors and climatic equipment should be connected via switching systems to the microcontroller. To reach the objective, it is required to perform the following tasks: to collect data for prediction, develop a neural network for comfort climate prediction in the accommodation, develop an application to control the system and information about the current temperature, develop a warning system in case of abnormal situations. The present topic of the diploma project was chosen to study the processes of home automation and operation of neural networks. The work resulted in operable climatic system using a microcontroller Arduino. The principal criteria of this work are providing energy efficiency, scalability and simplicity of use. The proposed climatic system is to provide the user with opportunity to select any equipment for his system without bothering about system adjustment as it is equipped intelligent module able to select comfortable climate due to switching equipment on and off.

Keywords: climatic system, Internet of things, control, artificial intelligence, neural networks, machine learning.

Получено: 06.07.22