

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79>**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ ПРИБОРОВ УЧЁТА В  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ И УЧЁТА  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Научная статья

**Тымчук А.И.<sup>1,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0009-0003-2341-9103;<sup>1</sup> Кубанский Государственный Технологический Университет, Краснодар, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (alextimchuck[at]gmail.com)

**Аннотация**

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что используемые в настоящее время методы автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта электроэнергии в автоматизированных информационно-измерительных системах контроля и учёта электроэнергии (АИИС КУЭ), имеют ряд недостатков, связанных с избыточностью приборов учёта и объёма передаваемой информации, которые увеличивают стоимость реализации и обслуживания системы. В то же время метод контроля достоверности, основанный на исследовании данных приборов учёта электроэнергии с применением математических моделей электропотребления, не имеет аналогичных недостатков. Следовательно, существует необходимость разработки информационной системы для автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта электроэнергии в АИИС КУЭ, использующей данный метод. Научная новизна проведённого исследования заключается в разработке информационной системы, используемой для автоматизированного контроля достоверности данных потребления электроэнергии в АИИС КУЭ, которая отличается тем, что использует методику оценки достоверности данных приборов учёта на основе сравнения данных потребления электроэнергии со значениями полученными в результате применения ARIMA моделей временных рядов электропотребления. В результате проведённого исследования была создана информационная система автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта электроэнергии в АИИС КУЭ. Алгоритмическое обеспечение информационной системы состоит из разработанной для него методики оценки достоверности данных приборов учёта с применением множества ARIMA моделей временных рядов электропотребления различных типов объектов энергопотребления. Основным достоинством разработанной информационной системы является то, что она не требует для решения поставленной задачи наличия избыточности приборов учёта и избыточности объёма передаваемой информации, которые приводят к неоправданному увеличению экономических затрат.

**Ключевые слова:** информационная система, arima, модель электропотребления, аиис куэ, контроль достоверности данных, временной ряд.

**INFORMATION SYSTEM FOR CONTROLLING THE RELIABILITY OF METERING DATA IN THE  
AUTOMATED MEASURING AND INFORMATION SYSTEM FOR ELECTRIC POWER FISCAL METERING**

Research article

**Timchuk A.I.<sup>1,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0009-0003-2341-9103;<sup>1</sup> Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

\* Corresponding author (alextimchuck[at]gmail.com)

**Abstract**

The relevance of this study is due to the fact that the currently used methods of automated reliability control of electricity metering data in automated measuring and information system for electric power fiscal metering (AIMS CUE) have a number of disadvantages associated with the redundancy of metering devices and the volume of transmitted information, which increase the cost of implementation and maintenance of the system. At the same time, the method of reliability control based on the study of electricity metering data using mathematical models of electricity consumption does not have similar disadvantages. Consequently, there is a necessity to develop an information system for automated control of reliability of electricity metering devices data in AIMS CUE, using this method. The scientific novelty of the conducted research consists in the development of an information system used for automated control of the reliability of electricity consumption data in the AIMS CUE, which differs in that it uses the method of assessing the reliability of metering data on the basis of comparison of electricity consumption data with the values obtained as a result of the application of ARIMA models of time series of electricity consumption. As a result of this research, an information system for automated measuring and information system for electric power fiscal metering in the AIMS KUE. The algorithmic support of the information system consists of the developed for it methodology for assessing the reliability of metering devices data using a set of ARIMA models of time series of electricity consumption of various types of energy consumption objects. The main advantage of the developed information system is that it does not require redundancy of metering devices and redundancy of the volume of transmitted information, which lead to an unjustified increase in economic costs.

**Keywords:** information system, arima, electricity consumption model, automated measuring and information system for electric power fiscal metering, data reliability control, time series.

## Введение

Проведённый анализ предметной области показал, что используемые в АИИС КУЭ (автоматизированных информационно-измерительных системах контроля и учёта электроэнергии) методы автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта электроэнергии, имеют ряд недостатков, связанных с избыточностью приборов учёта и объёма передаваемой информации [1], [2], [3], [4] и др. Данные недостатки увеличивают стоимость реализации и обслуживания АИИС КУЭ, снижая её экономическую эффективность. В то же время метод контроля достоверности, основанный на исследовании данных приборов учёта электроэнергии с применением математических моделей электропотребления, не имеет аналогичных недостатков. Следовательно, существует необходимость разработки информационной системы, использующей данный метод для автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта электроэнергии в АИИС КУЭ.

Для создания данной информационной системы необходимо решить следующие задачи:

1. Создать алгоритмическое обеспечение информационной системы.
2. Построить архитектуру информационной системы.
3. Разработать программное обеспечение, реализующее архитектуру и алгоритмическое обеспечение информационной системы.

## Основные результаты

### 2.1. Алгоритмическое обеспечение информационной системы

Основной задачей алгоритмического обеспечения информационной системы является реализация автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта в автоматизированных информационно-измерительных системах контроля и учёта электроэнергии АИИС КУЭ. Данная задача может быть описана следующим образом.

Дано:

1.  $S$  – множество приборов учёта электроэнергии АИИС КУЭ.
2.  $N$  – число приборов учёта электроэнергии во множестве.
3.  $P$  – массив данных потребления электроэнергии приборов учёта множества на рассматриваемый момент времени.
4.  $\Delta$  – максимальный допустимый процент потерь электроэнергии для всех приборов учёта.
5.  $D$  – подмножество приборов учёта множества, передающих недостоверные данные.
6.  $R$  – подмножество приборов учёта множества, отмеченных при применении методики контроля достоверности данных, как передающие недостоверные данные.

Необходимо:

1. Для множества  $S$  найти такое подмножество  $R$ , которое будет максимально возможным образом совпадать с подмножеством  $D$ .

Алгоритм (методика) решения данной задачи [8] состоит из пяти пунктов, а его схема приведена на рис. 1.

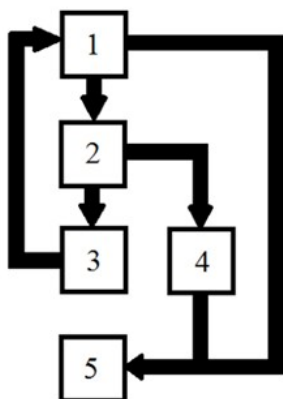


Рисунок 1 - Алгоритм решения задачи автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта в АИИС КУЭ

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.1>

П.1. Проверка на выполнение системы неравенств (1). Если выполняется, то перейти к П.5, если нет, то перейти к П.2.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N P_i (1 - \Delta) < \sum_{i=1}^N P_i \\ \sum_{i=1}^N P_i < \sum_{i=1}^N P_i (1 + \Delta) \end{cases} \quad (1)$$

Где  $P_i$  – числовое значение прибора учёта из массива ;

$\Delta$  – максимально допустимый процент потерь электроэнергии в АИИС КУЭ, выраженный в относительных единицах.

П.2. Провести оценку достоверности данных приборов учёта. Если подмножество  $R$  пустое, то перейти к П.4, если нет, то перейти к П.3.

П.3. Провести проверку приборов учёта АИИС КУЭ, попавших в множество  $R$  и перейти к П.1.

П.4. Провести проверку всех приборов учёта АИИС КУЭ из множества  $S$ .

П.5. Завершить выполнение проверки.

П.2 алгоритма, приведённого на рис. 1, требует проведения оценки достоверности данных приборов учёта электроэнергии в АИИС КУЭ, которая производит поиск и обнаружение приборов учёта, передающих недостоверные данные. При использовании данная процедура распределяет приборы учёта в одну из двух категорий:

1. Приборы учёта, передающие достоверные данные.
2. Приборы учёта, передающие недостоверные данные.

Формализованная постановка задачи оценки достоверности данных приборов учёта в АИИС КУЭ с использованием моделей временных рядов электропотребления имеет следующий вид:

Дано:

1.  $X_{nm}$  – матрица (2) из временных рядов потребления электроэнергии длины  $m$ .

$$\begin{pmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \cdots & X_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Необходимо:

1. Определить достоверность данных вектора  $(X_{1m} \dots X_{nm})$  используя значения векторов  $(X_{i1} \dots X_{im-1})$  для всех  $i = 1 \dots n$ .

Для решения задачи оценки достоверности данных приборов учёта в АИИС КУЭ с применением моделей временных рядов электропотребления требуется для каждой строки  $(X_{i1} \dots X_{im-1})$ ,  $i = 1 \dots n$  из матрицы (2) применить модель временного ряда электропотребления и построить столбец полученных с её помощью значений  $(X'_{1m} \dots X'_{nm})$ . Затем провести сравнение значений вектора  $(X'_{1m} \dots X'_{nm})$  с соответствующими значениями вектора  $(X_{1m} \dots X_{nm})$  и определить достоверность данных последнего, используя систему уравнений (3) [2].

$$\begin{cases} X_{im} \leq X'_{im} * (1 + \Delta X_{im}) \\ X_{im} \geq X'_{im} * (1 - \Delta X_{im}) \end{cases} \quad (3)$$

Где  $\Delta X_i$  – максимально допустимое значение отклонения прогноза от реальных данных при оценке достоверности данных потребления для каждого конкретного прибора учёта, которое вычисляется по формуле (4).

$$\Delta X_i = P_m + P_t \quad (4)$$

Где:  $P_m$  – погрешность модели электропотребления;

$P_t$  – класс точности прибора учёта [9].

$P_m$  определяется практическим путём при проведении оценки адекватности модели.  $P_t$  определяется с учётом задач, решаемых АИИС КУЭ и конкретным прибором учёта.

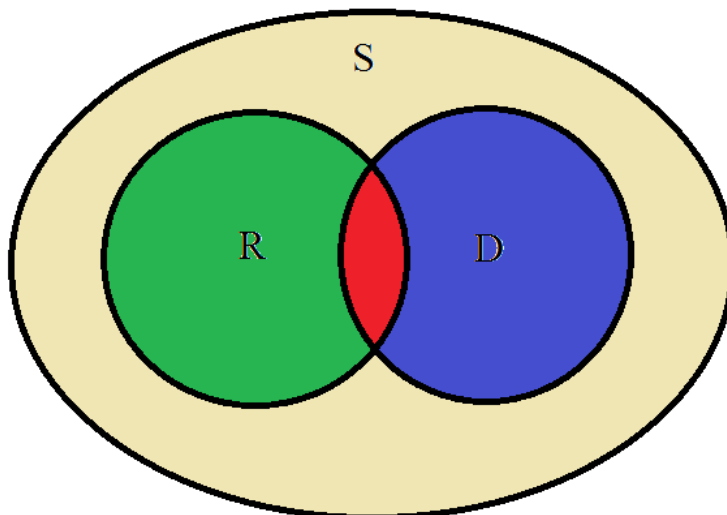


Рисунок 2 - Множества, получаемые при проведении оценки достоверности данных приборов учёта

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.2>

Примечание: жёлтый – множество приборов учёта, передающих достоверные данные, которые были правильно идентифицированы; красный – множество приборов учёта, передающих недостоверные данные, которые были правильно идентифицированы; синий – множество приборов учёта, передающих недостоверные данные, которые были ошибочно идентифицированы как передающие достоверные данные; зелёный – множество приборов учёта, передающих достоверные данные, которые были ошибочно идентифицированы как передающие недостоверные данные

Эффективность решения задачи оценки достоверности данных приборов учёта зависит от процентного соотношения возникших в процессе её решения ошибок первого и второго рода. Графическое представление оценки эффективности решения данной задачи представлено на рис. 2.

Качество оценки достоверности данных приборов учёта существенным образом зависит от используемой модели временного ряда электропотребления и, следовательно, от правильного выбора типа и метода её построения зависит эффективность алгоритмического обеспечения информационной системы. Основным типом моделей, используемых для аппроксимирования поведения временных рядов являются *ARMA* (autoregressive moving average) модели для стационарных рядов и *ARIMA* (autoregressive integrated moving average) модели для разностно-стационарных рядов, а основным методом их построения является методика Бокса-Дженкинса [10].

АИИС КУЭ применяются на широком спектре различных объектов энергопотребления, к которым относятся жилые помещения, объекты социальной инфраструктуры, а также другие предприятия различного назначения. Проведённый по методологии Бокса-Дженкинса анализ временных рядов потребления электроэнергии, принадлежащих объектам энергопотребления вышеперечисленных типов показал, что описывающие их модели принадлежат к множеству *ARIMA* ( $p, d, q$ ) (5), где  $(p, d, q) \in [0,4], p+q \geq 1$  – порядок авторегрессионной компоненты *ARIMA* модели,  $p$  – порядок компоненты *ARIMA* скользящего среднего, а  $d$  – порядок конечной разности моделируемого ряда, которую необходимо взять для приведения его к разностно-стационарному виду [11]. Проверка статистической значимости полученного результата, произведенная при помощи двух выборочного *t*-критерия Стьюдента, дала уровень статистической значимости  $p = 0,01$ .

## 2.2. Архитектура информационной системы

Архитектуры информационной системы контроля достоверности данных приборов учёта электроэнергии в АИИС КУЭ может быть представлена посредством следующих трёх моделей:

- 1) модель потоков данных;
- 2) функциональная модель;
- 3) модель классов.

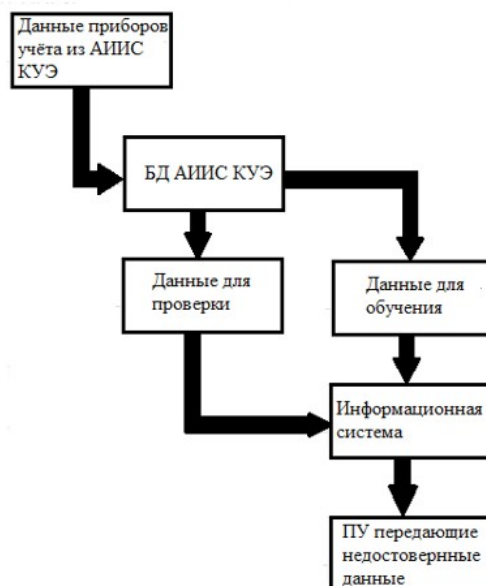


Рисунок 3 - Модель потоков данных информационной системы

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.3>

Модель потоков данных определяет источник и направление потоков данных, обрабатываемых информационной системой, сама система при этом представлена в виде «чёрного ящика». Графическое изображение данной модели представлено на рис. 3.

Как показано на рис. 3, информационная система получает два множества данных – «данные для обучения» и «данные для проверки». Оба множества используются, методикой оценки достоверности, являясь двумя составными

частями матрицы (2). Первый набор данных – это строки  $(X_{i1} \dots X_{im-1})$ ,  $i = 1 \dots n$ , второй – это столбец  $(X_{1m} \dots X_{nm})$ . Источником данных для информационной системы является база данных АИИС КУЭ, которая в свою очередь получает их от устройств сбора и передачи данных низшего уровня. Информационная система, используя разработанное для неё алгоритмическое обеспечение, производит анализ полученных данных приборов учёта электроэнергии и предоставляет заключение об их достоверности или недостоверности.

Функциональная модель отражает внутреннее устройство информационной системы и представлена на рис. 4.

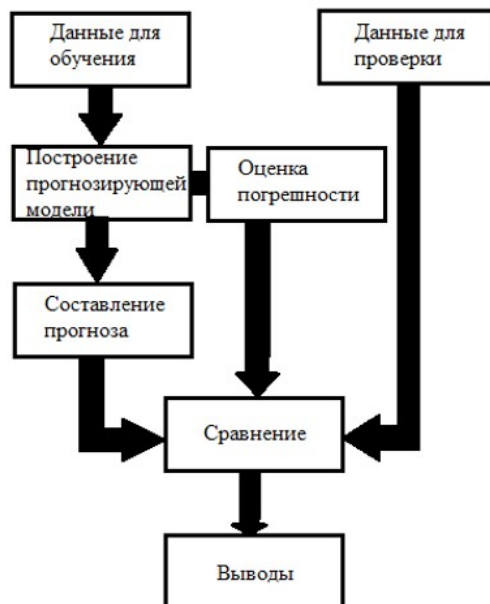


Рисунок 4 - Функциональная модель информационной системы

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.4>

В данной модели отображены составные части информационной системы, реализующие её алгоритмическое обеспечение, взаимосвязи между ними, а также направление внутренних информационных потоков. Подсистема «построение прогнозирующей модели» осуществляет на основе «данных для обучения» подбор параметров модели из множества (5). Подсистемы «оценка погрешности» и «составление прогноза» проводят соответственно расчёты погрешности модели и прогнозирование электропотребления на её основе, а подсистема «сравнение», используя методику из пункта 1.2, определяет достоверность «данных для проверки» путём их сравнения с результатами прогноза, полученными с использованием построенной ранее модели электропотребления. Модель классов, представленная на рис. 5, была построена с учётом двух других моделей информационной системы, среды разработки Microsoft Visual Studio 2017 и языка программирования C#, использованных при разработке программного обеспечения информационной системы.

Помимо классов интерфейса, представленных на рис. 5, там же определены основные методы и классы, реализующие алгоритмическое обеспечение информационной системы. К данным классам относятся «GetData», методы которого реализуют получение и обработку данных, «DataAnalysis», реализующего методы для проверки достоверности полученных данных приборов учёта, «DeviceIdentification», методы которого реализуют методику оценки достоверности данных и «PredictiveModel», методы которого осуществляют выбор ARIMA модели на основе полученного временного ряда электропотребления.

### 2.3. Программное обеспечение информационной системы

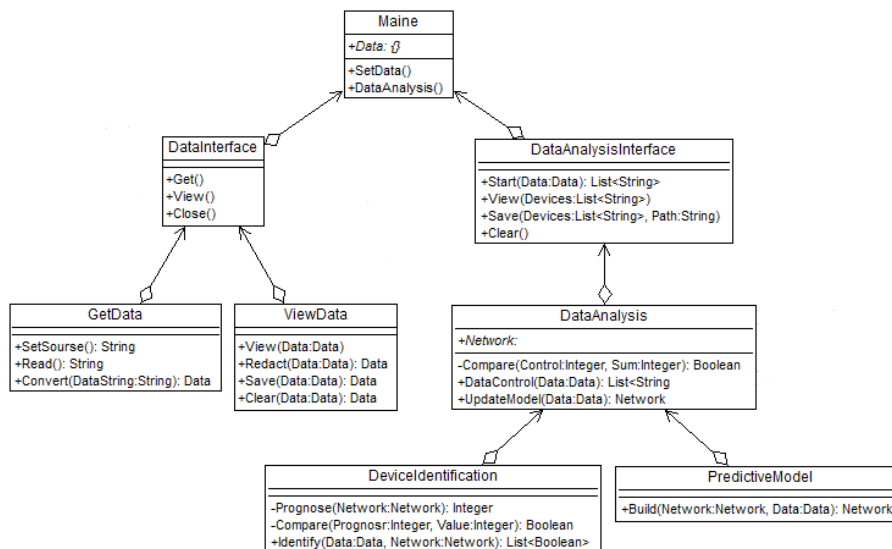


Рисунок 5 - Модель классов информационной системы  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.5>

Взаимодействие программного обеспечения информационной системы с базой данных АИИС КУЭ было осуществлено посредством прокладки в виде о прокси-файла формата «.txt». Использование прокси-файла является «универсальным методом для организации взаимодействия между приложением и базой данных. Суть метода заключается в том, что необходимая для работы информация переписываются из базы данных АИИС КУЭ в файл с применением определённого формата записи, понятного для приложения, после чего они считываются им с помощью методов чтения данных из текстовых и структурированных файлов. Так как запись данных в текстовый или структурированный файл – стандартная операция для системы управления базой данных, а чтение данных из файлов – стандартный метод для языков программирования, то данный способ передачи данных позволяет избежать ненужного расширения разрабатываемой информационной системы за счёт сторонних библиотек и делает её независимой относительно различных АИИС КУЭ.

Альтернативой использованию прокси-файла для взаимодействия программного обеспечения информационной системы с базой данных АИИС КУЭ является его взаимодействие с ней напрямую. Данный метод позволяет быстрее получать из базы данных необходимую информацию, однако его использование в разрабатываемой информационной системе было исключено после рассмотрения его недостатков. Основным из них является то, что подобная реализация взаимодействия с базой данных требует наличия у приложения информации о её структуре, а также создания нового программного метода для взаимодействия с ней. Это ограничивает возможность использования информационной системы только теми АИИС КУЭ, для которых известна структура базы данных и реализованы методы взаимодействия с ней.

При разработке алгоритмического обеспечения информационной системы было показано, что потребление электроэнергии различных типов объектов энергопотребления может быть представлено при помощи множества моделей (5). ARIMA модель представляет собой полином вида (6), который преобразует набор входных параметров в выходное значение.

$$\Delta^d X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d X_{t-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t \tag{6}$$

Где:  $X(t)$  – значение временного ряда в момент времени  $t$ ;

$a_i, b_j, c$  – параметры модели;

$\Delta^d$  – оператор разности временного ряда порядка  $d$ ;

$\sum_{i=1}^p a_i \Delta^d X_{t-i}$  – авторегрессионная компонента;

$\sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j}$  – компонента скользящего среднего;

$\varepsilon_t$  – ошибка от влияния переменных, которые не учитываются в данной модели.

Подбор коэффициентов полинома может быть осуществлён посредством однослойной нейронной сети [12]. При этом входной слой сетей представляет собой значения переменных, скрытый слой – коэффициенты полинома, а выходной слой – результат его вычисления.

Таблица 1 - Конфигурации нейронных сетей, реализующих модели из множества (5)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.6>

Входной	Скрытый	Выходной
1	3	1
1	4	1

2	4	1
2	5	1
2	6	1
3	5	1
3	6	1
3	7	1
3	8	1
4	6	1
4	7	1
4	8	1
4	9	1
4	10	1

Так как построение *ARIMA* моделей тоже сводится к подбору коэффициентов полинома на основе исходных данных, то определение параметров модели также может быть осуществлено посредством применения нейронных сетей. Проведённый в работе [13] анализ соотношений между моделями из множества (5) и структурой нейронной сети показал, что данное множество может быть представлено посредством набора из четырнадцати однослойных нейронных сетей, приведённых в табл. 1.

Выходной слой данных сетей всегда состоит из одного нейрона и представляет собой результат применения модели, а количество нейронов во входном и скрытом слоях определяется параметрами  $p$ ,  $d$  и  $q$  *ARIMA* модели.

Обучение нейронных сетей было проведено методом обратного распространения ошибки [14], [15] с пороговым значением ошибки 2,5%. Для обучения были взяты временные ряды ежемесячного электропотребления, которые затем были разбиты на наборы длины  $n + 1$ , где  $n$  – число нейронов во входном слое сети и разделены в соотношении 70% – обучающие наборы, 15% – контрольные и 15% – тестовые.

#### 2.4. Результаты исследования

В результате исследования была разработана информационная система, реализующая методику контроля достоверности данных приборов учёта с использованием множества *ARIMA* моделей временных рядов электропотребления. Информационная система позволяет осуществлять автоматизированный контроль достоверности данных приборов учёта электроэнергии на объектах энергопотребления, оснащённых АИИС КУЭ. Программное обеспечение информационной системы является портативным и не требует предварительной установки. В его состав входят исполняемый файл с расширением «.exe», файлы конфигурации, а также скомпилированные файлы сторонних библиотек, используемых информационной системой. Минимальными системными требованиями для работы программного обеспечения информационной системы являются операционная система Windows 7 и наличие установленного дистрибутива Microsoft .Net Framework версии не ниже 4.7.0.

#### Заключение

В работе приведена разработка информационной системы автоматизированного контроля достоверности данных приборов учёта в АИИС КУЭ, в результате которой были получены следующие научные результаты, являющиеся основой её алгоритмического и программного обеспечения:

- 1) разработана методика оценки достоверности данных приборов учёта электроэнергии в АИИС КУЭ с применением моделей временных рядов электропотребления;
- 2) получено множество *ARIMA* моделей для временных рядов электропотребления различных типов объектов энергопотребления;
- 3) построено множество нейронных сетей реализующих множество *ARIMA* моделей для временных рядов электропотребления различных типов объектов энергопотребления.

Основным достоинством разработанной информационной системы является то, что она не требует для решения поставленной задачи наличия избыточности приборов учёта и избыточности объёма передаваемой информации, которые приводят к увеличению стоимости реализации системы.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Рецензия

Гибадуллин Р.Ф., Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.7>

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Review

Gibadullin R.F., Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.79.7>

#### Список литературы / References

1. Забелло Е.П. Автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов: практикум / Е.П. Забелло, В.Г. Булах, А.С. Качалко. — Минск: БГАТУ, 2016. — 160 с.

2. Гбилимо У.У. Повышение производительности и оптимизация структуры локальных сетей АСКУЭ: дисс. канд. техн. Наук / У.У. Гбилимо. — Черкизово: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет сервиса", 2004.
3. Тутундаев М.Л. Мониторинг потерь и количества электроэнергии в распределительных электрических сетях на основе балансовых зон по данным АИИС КУЭ: дисс. канд. техн. Наук / М.Л. Тутундаев. — Новосибирск, НГТУ, 2009.
4. Акимов А.А. Обеспечение безопасности сбора и передачи данных в автоматизированных системах контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) / А.А. Акимов, А.П. Ширяев // Актуальные проблемы современной науки. — 2018. — №2(99). — С. 36-38.
5. Титов Н.Н. Исследование достоверности результатов измерений АИИС КУЭ электрической энергии / Н.Н. Титов, В. Ю. Прохвятилов, О.Д. Мураховский [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. — 2008. — №5. — С. 28-30.
6. Божков М.И. Эвристический анализ данных АИИС КУЭ для краткосрочного прогнозирования электропотребления предприятия / М.И. Божков, С.Л. Пушин // Промышленная энергетика. — 2014. — №3. — С. 8-11.
7. Грицай А.С. Гибридный метод краткосрочного прогнозирования потребления электрической энергии для энергосбытового предприятия с учетом метеофакторов: дисс. канд. техн. Наук / А.С. Грицай. — Омск: ОГТУ, 2017.
8. Тымчук А.И. Методика контроля достоверности данных приборов учёта в АСКУЭ, на основе прогнозирующей модели электропотребления / А.И. Тымчук // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». — 2023. — № 2. — С. 1-5.
9. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счётчики Электрической энергии. — ГОСТ 31818.11-2012. — Изд. нояб. 2019 с Изм. 1 (ИУС 6-2014).
10. Box G.E.P. Time Series Analysis, Forecasting and Control (4th ed.) / G.E.P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel. — Hoboken, NJ: Wiley. — 2008.
11. Атрощенко В.А. Множество ARIMA моделей для различных типов объектов энергопотребления / В.А. Атрощенко, А.И. Тымчук // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2023. — № 4. — С. 62-68.
12. Брюхомицкий Ю.А. Нейросетевые модели для систем информационной безопасности: учеб. пособие / Ю.А. Брюхомицкий. — Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. — 160 с.
13. Тымчук А.И. Реализация множества ARIMA моделей электропотребления различных типов объектов с использованием нейронных сетей / А.И. Тымчук // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". — 2023. — № 4. — С. 69-75.
14. Галушкин А.И. Синтез многослойных систем распознавания образов / А.И. Галушкин. — М.: «Энергия», 1974.
15. Snyman J. Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient-Based Algorithms / J. Snyman // Springer Science & Business Media. — 2005.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Zabello E.P. Avtomatizirovannye sistemy kontrolya i ucheta energoresursov: praktikum [Automated systems for monitoring and accounting of energy resources: a practitioner] / E.P. Zabello, V.G. Bulah, A.S. Kachalko. — Minsk: BGATU, 2016. — 160 p. [in Russian]
2. Gbilimo U.U. Povyshenie proizvoditel'nosti i optimizaciya struktury lokal'nyh setej ASKUE: diss. kand. tekhn. Nauk [Performance improvement and optimization of the structure of local area networks of ASKUE: dis. Cand. Tech. Sciences] / U.U. Gbilimo. — Cherkizovo: State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State University of Service", 2004 [in Russian].
3. Tutundaev M.L. Monitoring poter' i kolichestva elektroenergii v raspredelitel'nyh elektricheskikh setyah na osnove balansovyh zon po dannym AIS KUE: [Monitoring of losses' and the amount of electricity in distribution electric networks based on balance zone according to AIMS data: dis. Cand. Tech. Sciences] / M.L. Tutundaev. — Novosibirsk, NGTU, 2009 [in Russian].
4. Akimov A.A. Obespechenie bezopasnosti sbora i peredachi dannyh v avtomatizirovannyh sistemah kontrolya i ucheta elektroenergii (ASKUE) [Ensuring the security of data collection and transmission in automated power management and metering systems (ASCS)] / A.A. Akimov, A.P. SHiryaev // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki [Current problems of modern science]. — 2018. — №2(99). — P. 36-38 [in Russian].
5. Titov N.N. Issledovanie dostovernosti rezul'tatov izmerenij AIS KUE elektricheskoy energii [Investigation of the reliability of the measurement results of the AIMS KUE of electric energy] / N.N. Titov, V. YU. Prohvatilov, O.D. Murahovskij [et al.] // Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya [Legislative and applied metrology]. — 2008. — №5. — P. 28-30 [in Russian].
6. Bozhkov M.I. Evristicheskiy analiz dannyh AIS KUE dlya kratkosrochnogo prognozirovaniya elektropotrebleniya predpriyatiya [Heuristic analysis of AIMS KUE data for short-term forecasting of electricity consumption by enterprises] / M.I. Bozhkov, S.L. Pushchin // Promyshlennaya energetika [Industrial energy]. — 2014. — №3. — P. 8-11 [in Russian].
7. Gricaj A.S. Gibridnyj metod kratkosrochnogo prognozirovaniya potrebleniya elektricheskoy energii dlya energosbytovogo predpriyatiya s uchetom meteofaktorov [A hybrid method for short-term forecasting of electric energy consumption for an energy marketing enterprise, taking into account meteorological factors]: dis. Cand. Tech. Sciences / A.S. Gricaj. — Omsk: OSTU, 2017 [in Russian].
8. Tymchuk A.I. Metodika kontrolya dostovernosti dannyh priborov uchyota v ASKUE, na osnove prognoziruushchej modeli elektropotrebleniya [A methodology has been developed for monitoring the reliability of metering device data in the



ASKUE, based on a predictive model of electrical consumption] / A.I. Tymchuk // *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya «Estestvennye i tekhnicheskie nauki»* [Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series "Natural and Technical Sciences"]. — 2023. — № 2. — P. 1-5 [in Russian].

9. Apparatura dlya izmereniya elektricheskoy energii peremennogo toka. Obshchie trebovaniya. Ispytaniya i usloviya ispytaniy. CHast' 11. Schyotchiki Elektricheskoy energii [Equipment for measuring AC power. General requirements. Tests and test conditions. Episode 11. Electricity meters]. — GOST 31818.11-2012. — Ed. Nov. 2019 with Ed. 1 (IUS 6-2014) [in Russian].

10. Box G.E.P. Time Series Analysis, Forecasting and Control (4th ed.) / G.E.P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel. — Hoboken, NJ: Wiley. — 2008.

11. Atroshchenko V.A. Mnozhestvo ARIMA modelej dlya razlichnyh tipov ob"ektov energopotrebleniya [A variety of ARIMA models for various types of energy consumption objects] / V.A. Atroshchenko, A.I. Tymchuk // *Electronic network polythematic journal "Scientific works of KUBSTU"*. 2023. — № 4. — P. 62-68 [in Russian].

12. Bryuhomickij YU.A. Nejrosetevye modeli dlya sistem informacionnoj bezopasnosti: ucheb. Posobie [Neural network models for information security systems: study guide] / YU.A. Bryuhomickij. — Taganrog: TRTU Publishing, 2005. — 160 p. [in Russian]

13. Tymchuk A.I. Realizaciya mnozhestva ARIMA modelej elektropotrebleniya razlichnyh tipov ob"ektov s ispol'zovaniem nejronnyh setej [The implementation of a variety of ARIMA models of power consumption of various types of objects using neural networks] / A.I. Tymchuk // *Elektronnyj setevoj politematicheskij zhurnal "Nauchnye trudy KubGTU"* [Electronic network polythematic journal "Scientific works of KUBSTU"]. — 2023. — № 4. — P. 69-75 [in Russian].

14. Galushkin A.I. Sintez mnogoslojnyh sistem raspoznavaniya obrazov [Synthesis of multilayer image recognition systems] / A.I. Galushkin. — M.: «Energija», 1974 [in Russian].

15. Snyman J. Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient-Based Algorithms / J. Snyman // Springer Science & Business Media. — 2005.