

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И КЛАСТЕРИЗАЦИИ В
MICROGRID-СИСТЕМЕ**

В. В. Осипенко, доктор технических наук, профессор

E-mail yvo7@ukr.net

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Н. А. Киктев, кандидат технических наук, доцент

E-mail nkiktev@ukr.net

Т. И. Лендел, кандидат технических наук, доцент

E-mail taraslendel@gmail.com

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Аннотация. Для построения систем Microgrid необходимо получение данных метеослужбы, обработка их и принятие решений о том, какой источник электроэнергии целесообразно использовать в данное время суток, время года, при текущих погодных условиях.

Целью исследования является разработка и создание базы данных распределенной информационной системы для проведения кластерного анализа, обработки и хранения входящих метеорологических данных, алгоритма прогнозирования погоды на основе значений выбранных показателей для дальнейшего определения вида используемых альтернативных источников электроэнергии на основании прогноза.

Описана спроектированная и реализованная распределенная информационная система для считывания из сети Интернет, хранения и дальнейшей обработки метеорологических данных применительно к любому региону с целью прогноза для эффективного использования возобновляемых источников электроэнергии в Microgrid- системе.

Проект реализован на основе реляционной базы данных Microsoft SQL Server. Каждая из таблиц имеет поля, описывающие погодные условия, необходимые для решения поставленной задачи – определения источника электроэнергии, использование которого экономически эффективно в данный период года, время суток, географического расположения и погодных условий.

Разработано приложение, оперирующее базой данных, на языке C # по шаблону Windows Forms Application. Реализовано распределение показателей температуры в зависимости от времени проведенных исследований за определенный период с применением кластерного анализа. Прогнозирование

погодных данных выполнено с использованием авторегрессионной модели временных рядов.

Интерфейс пользователя создан средствами Microsoft Visual Studio. Обработка всех данных выполняется на стороне локального сервера.

Ключевые слова: *Microgrid система, возобновляемые источники, кластерный анализ, прогнозирование, модель авторегрессии, распределенная база данных, SQL, Web-приложение, интерфейс*

Актуальность. Вопросы эффективного использования электрической энергии становятся все более актуальными в связи с возрастанием цены на энергоресурсы, переходу к возобновляемым источникам электроэнергии. Современные исследования, направленные на повышение эффективности использования электрической энергии в системах распределенной генерации Microgrid и перераспределение энергетических потоков показывают актуальность задач мониторинга, оценки и прогнозирования объемов генерации электроэнергии. С точки зрения рассмотрения как технических, так и экономических факторов функционирования Microgrid, учитывается уровень спроса, цена на электроэнергию, «зеленый» тариф, сезонность, избыток энергии от альтернативных источников. На основании анализа от этих и других показателей формируются заявки на продажу и приобретение электроэнергии. Задачи данного исследования – создание базы данных входной информации погодных данных, считываемой из сети интернет и обработка этих данных с использованием известных алгоритмов кластеризации, а также прогнозирование для определения альтернативных источников генерации электроэнергии в зависимости от прогноза погоды на основе значений выбранных показателей. При этом, на основе корреляционно-регрессионного анализа временных рядов, которые предварительно подлежат экстраполяционной обработке, устанавливается статистическая взаимосвязь между параметрами и оценивается влияние выбранных параметров на значение спроса на электроэнергию в будущем на прогнозируемый период.

Анализ последних исследований и публикаций. Системы микрогрид с возобновляемыми источниками электроэнергии (солнечная энергия с использованием концентраторов, ветрогенератор вертикального расположения,

водородная автономная установка), как элемент энергосистемы концепции Smart Grid [1], позволяют организовать весь цикл получения, использования и хранения электроэнергии. Для построения таких систем необходимо получение данных метеослужбы из интернета, обработка их и принятие решений о том, какой источник электроэнергии целесообразно использовать в данное время суток, время года, при текущих погодных условиях. Задача построения микрогрид системы может решаться путем создания виртуальной электростанция (VPP), представляющей структуру, объединяющую в себе элементы трех видов [2]: рассредоточенные генераторы (ветроустановки, фотоэлектрические станции, мини- и микро ТЭЦ и т.п.); потребители-регуляторы нагрузки (бытовые и промышленные); системы аккумулирования энергии. Для определения источника энергии, который экономически эффективен в данный момент времени, необходимо классифицировать совокупность погодных, сезонных и временных факторов, что можно реализовать при помощи методов кластерного анализа. Методы классической кластеризации описаны в [3, 4]. В работах [8, 9] рассмотрены примеры использования методов кластерного анализа. В сложных системах лучше применять особые подходы на основе индуктивного моделирования и методе группового учета аргументов (МГУА), что обосновано в [5, 6]. Теоретические вопросы, связанные с кластеризацией данных, включая эволюционные методы кластеризации сложных объектов и кластеризацию нечетких множеств с использованием эволюционных технологий, описаны в [10, 11]. Применение алгоритма индуктивного бикластерного анализа в Microgrid – сетях рассматривается в работе [7]. В работе [12] приведен обзор задач и областей применения Microgrid, анализ существующих методов прогнозирования и управления, разработка алгоритмов прогнозирования энергопотреблением, а также разработка алгоритмов управления нагрузкой и снижения пиковых нагрузок.

Цель исследования – разработка и создание базы данных распределенной информационной системы для проведения кластерного анализа, обработки и хранения входящих метеорологических данных, алгоритма прогнозирования погоды

на основе значений выбранных показателей для дальнейшего определения вида используемых альтернативных источников электроэнергии на основании прогноза.

Материалы и методы исследования. Проектирование базы данных погодных условий включает следующие этапы: построение концептуальной модели, логической модели, физической модели. В результате предварительного анализа предметной области, для которой проектируется база данных, было выделена сущность «Архив метеорологических данных», которая в свою очередь имеет следующие сущности-обозначения: «Метеорологические станции», «Время исследований», «Показатели облачности». Следующим шагом моделирования является идентификация связей, а последним шагом - идентификация атрибутов. В результате анализа предметной области определяем для полученных сущностей основные атрибуты, приведенные в табл. табл. 1, и связи, описание которых приведено в табл. 2. Концептуальную модель удобно представлять в виде так называемой ER-диаграммы (Entity - Relationship или Сущность - Связь), структура логической базы данных показана на рис. 1.

1. Предварительный перечень атрибутов, определенных сущностей

№	Сущность	Атрибут
1	Архив метеорологических данных	Код записи архива (ID_Log)
		Дата исследования (DateResearch)
		Температура воздуха (T)
		Атмосферное давление (Po)
		Относительная влажность (U)
		Скорость ветра (Ff)
		Горизонтальная дальность видимости (VV)
2	Метеорологические станции	Номер станции (ID_Station)
		Город (City)
3	Время исследований	Код времени (ID_Time)
		Время исследования (Time)
4	Показатели облачности	Полное обозначение показателя облачности (CompleteValue)

2. Описание связей схемы «Сущность-связь» базы данных

Название связи	Тип связи	Родительская сущность	Сущность - наследник
Предоставляет	Один-ко-многим (1:N)	Метеорологические станции	Показатели метеорологических данных
Фиксируется		Время исследований	
Фиксируется		Показатели облачности	

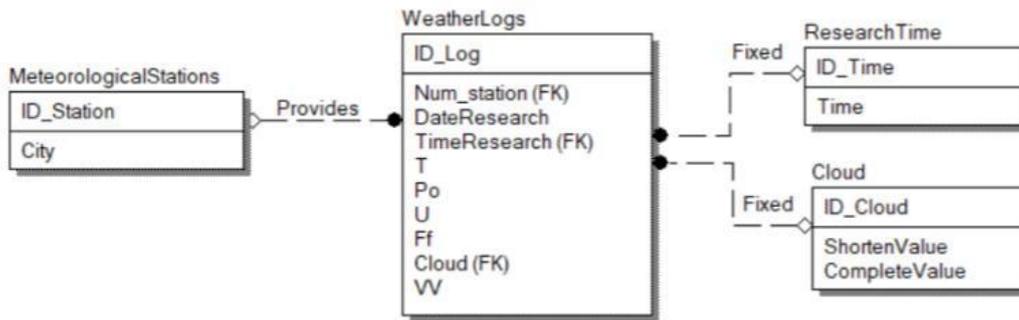


Рис. 1. Таблица схем и связей логической базы данных

На рис. 2 представлена схема взаимосвязей таблиц базы данных, построенной средствами СУБД MS SQL SERVER. Целостность базы данных на уровне таблиц обеспечено наличием первичных ключей в каждой таблице, а на уровне связей - ссылочной целостности. На схеме она отражена символами «1» и «∞» на концах связей.

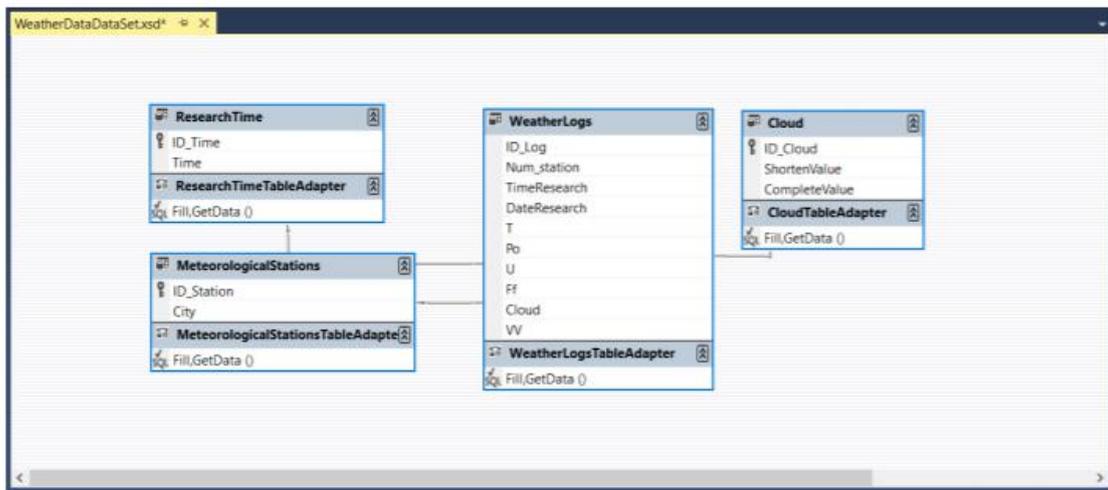


Рис. 2. Физическая модель базы данных MS SQL Server

Для удобного отображения данных из таблицы «Архив метеорологических данных» (WeatherLogs), создано представление, которое будет называться WeatherLogsV (рис. 3).

#	Номер ме...	Місто	Дата досл...	Час дослд...	Температу...	Атмосфер...	Відносна в...	Швидкість ...	Хмарність	Дальність ...
1	34504	Дніпро	08.12.2019	23:00:00	1,3	748,9	100	0	1,1	0,85
2	34504	Дніпро	08.12.2019	20:00:00	3,1	748,8	100	2	1,1	0,9
3	34504	Дніпро	08.12.2019	17:00:00	3,2	748,1	91	0	0,95	2,3
4	34504	Дніпро	08.12.2019	14:00:00	5,3	747,2	89	2	1	8
5	34504	Дніпро	08.12.2019	11:00:00	3,9	747,5	92	3	0,95	8
6	34504	Дніпро	08.12.2019	08:00:00	3,3	747,4	91	2	1	8
7	34504	Дніпро	08.12.2019	05:00:00	3,4	746,9	90	4	0,95	5
8	34504	Дніпро	08.12.2019	02:00:00	3,4	747,6	93	1	0,95	8
9	34504	Дніпро	07.12.2019	23:00:00	4	748,2	87	5	0,95	10
10	34504	Дніпро	07.12.2019	20:00:00	4,2	748,7	90	4	0,95	10
11	34504	Дніпро	07.12.2019	17:00:00	5,3	749,2	86	5	0,95	10
12	34504	Дніпро	07.12.2019	14:00:00	5,2	749,8	85	5	0,95	10
13	34504	Дніпро	07.12.2019	11:00:00	4,1	750,8	85	6	0,95	10
14	34504	Дніпро	07.12.2019	08:00:00	2,5	751,4	89	6	0,75	10
15	34504	Дніпро	07.12.2019	05:00:00	2,6	751,3	87	5	0,95	10
16	34504	Дніпро	07.12.2019	02:00:00	2,5	752,2	89	7	0,75	10
17	34504	Дніпро	06.12.2019	23:00:00	2,5	753,2	89	6	0,75	10
18	34504	Дніпро	06.12.2019	20:00:00	1,4	753,5	91	6	0	10
19	34504	Дніпро	06.12.2019	17:00:00	2,6	753,9	84	5	0,75	10
20	34504	Дніпро	06.12.2019	14:00:00	3,1	754,6	76	5	0,4	10
21	34504	Дніпро	06.12.2019	08:00:00	-2,9	756,1	91	4	0	10
22	34504	Дніпро	06.12.2019	05:00:00	-4,1	756,2	94	3	0	6
23	34504	Дніпро	06.12.2019	02:00:00	-1,6	756,6	100	4	1,1	0,2
24	34504	Дніпро	05.12.2019	23:00:00	-0,1	756,7	94	4	1	3,9
25	34504	Дніпро	05.12.2019	20:00:00	-0,2	756,6	92	4	1	2,4
26	34504	Дніпро	05.12.2019	17:00:00	-0,3	756,3	88	4	1	10
27	34504	Дніпро	05.12.2019	14:00:00	-0,3	756,2	88	5	1	10
28	34504	Дніпро	05.12.2019	11:00:00	-0,1	756,2	85	6	1	10
29	34504	Дніпро	05.12.2019	08:00:00	-1,9	756,2	87	4	0,75	10

Рис. 3. Результат выполнения представления WeatherLogs

Результаты кластерного анализа погодных данных за период с 3 по 7 декабря 2019 года показаны на рис. 4. Процедура кластеризации, более подробно описана в публикации [13]. Входные данные вводятся информационную систему:

- из архивов погоды;
- на основе полученных данных от метеорологических станций.

Основную часть процессов преобразования данных составляют операции ввода, корректировки и удаления информации.

Результатом выполнения исследования стала разработка работающего приложения распределенной базы данных, которое позволяет автоматизировать получение и обработку метеорологических данных и проводить кластерный анализ данных для эффективной работы возобновляемых источников электрической энергии.

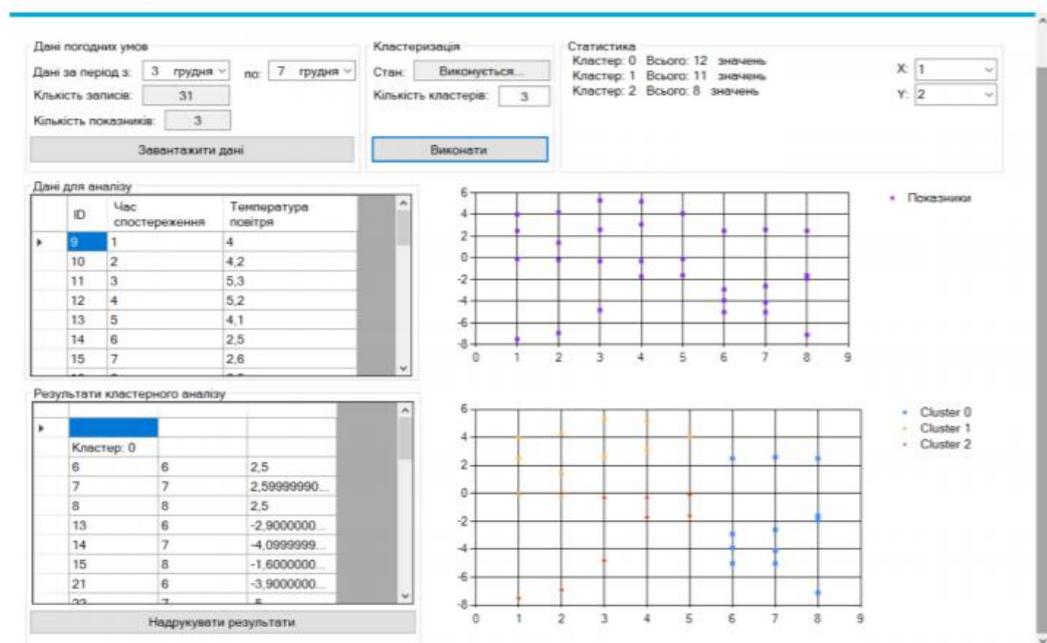


Рис. 4. Результат кластерного аналізу даних за період з 3 по 7 грудня 2019 року

Меню користувача в середі MS Visual Studio було реалізовано допомогою елемента Windows Forms, інструментів на панелі ToolBox і встановленого пакета розширень Metro Modern UI (MetroFramework), який надає формі сучасний стиль. Алгоритми реалізовані на мові C# і докладно описані в роботі [13].

Для подальшого використання результатів роботи в Microgrid системі наступним етапом є прогнозування погодних показників і прийняття рішення про доцільність використання відновлюваного джерела енергії.

Аналіз досліджень по прогнозуванню витрат енергії в системах SmartGrid і MicroGrid показав, що в них використовувалися прості моделі усереднення; статистичні моделі (наприклад, регресія і часові ряди) і моделі штучних нейронних мереж. В роботі [12] показані переваги комбінованої моделі, яка містить два етапи - фільтрації нестаціонарної складової енергоспоживання і нейронної мережі з пам'яттю.

Коефіцієнти частинної автокореляційної функції розраховуються по формулі [12]:

$$\Phi_{11} = r(1)$$

$$\Phi_{22} = \frac{r_2 - r_1^2}{1 - r_1^2}$$

$$\Phi_{SS} = \frac{r_S - \sum_{j=1}^{S-1} \Phi_{S-1,j} r_{S-j}}{1 - \sum_{j=1}^{S-1} \Phi_{S-1,j} r_j}$$

Размерность авторегрессионной составляющей модели может определяться соответственно ненулевого коэффициента частотной автокорреляционной функции по наибольшему лагу.

Результаты исследований и их обсуждение. Результат выполнения прогнозирования погодных показателей в зависимости от времени исследований в указанный период представлен на рис. 3. Синей линией показан исходный временной ряд с показаниями температуры, красной линией – показана модель авторегрессии первого порядка, зелёной линией - модель авторегрессии второго порядка, Данные модели имеют вид соответственно (1) и (2):

$$Y_p = 1.434 + 0.423 \cdot Y_{t-1}$$

$$Y_p = 1.029 + 0.184 \cdot Y_{t-1} + 0.452 \cdot Y_{t-2}$$

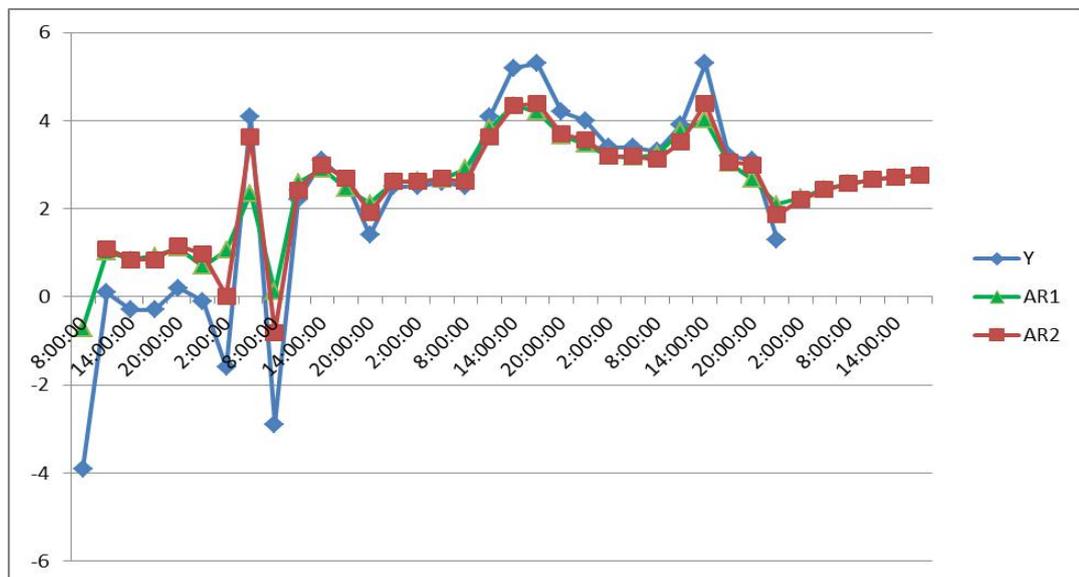


Рис. 4. Результат построения авторегрессионной функции для прогнозирования температуры

Как видно из графика, модель авторегрессии второго порядка несколько ближе отображает исходный временной ряд. Числовые показатели (показатель детерминации R^2 и среднее отклонение):

для модели 1 порядка $R^2 = 0,23$, среднее отклонение 0,99;

для модели 2 порядка $R^2 = 0,41$, , среднее отклонение 0,59.

Для улучшения статистических показателей в будущем можно рассчитать модель 3 порядка, а также воспользоваться другими методами прогноза, в том числе с использованием нейронных сетей.

Данный метод прогнозирования в рассматриваемой задаче может быть применен и к другим погодным данным (облачность, давление, скорость ветра), а также к прогнозу пиковых нагрузок электрической сети.

Выводы и перспективы. В данной работе рассмотрены задачи проектирования базы данных в составе распределенной информационной системы для хранения, обработки и анализа метеорологических данных. Решены задачи кластерного анализа методом *k*-средних, выполнено прогнозирование температурных показателей методом авторегрессии. Разработано Web-приложение для реализации поставленных задач. Результаты показали возможность применения данных алгоритмов в Microgrid - системе для ее эффективной работы.

Список использованных источников

1. Калашников В. И., Ткаченко С. Н., Хижняк П. А. Автономные микрогрид-системы с возобновляемыми источниками энергии, как элемент концепции smart grid. Перспективы развития. Вісник НТУ «ХП». 2015. 12 (1121). С. 374-378.
2. Денисюк С. П., Горенко Д. С.. Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. № 2. С. 25-33.
3. Якимець Р. В. Методи кластеризації та їх класифікація. Міжнародний науковий журнал. 2006. № 6, т. 2. С. 48-50.
4. A. K. Jain, M. N. Murty, P. J. Flynn – Data Clustering: A Review. IEEE Computer Society Press, 1996. 69 p.
5. Осипенко В. В.. Два підходи до розв'язання задачі кластеризації у широкому сенсі з позицій індуктивного моделювання. Енергетика і автоматика 2014. № 1. С. 83-97.
6. Ивахненко А. Г., Осипенко В. В. Прогнозирование редких событий по алгоритму МГУА. Автоматика. 1984. № 5. С .8– 12.
7. Osypenko V., Kaplun V. Modeling of Dynamic Energy-Management Scenarios in Local Polygeneration Microgrids Using Inductive Bi-clustering Algorithm / 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Lviv. P.183-186.
8. Киктев Н. А. Использование методов кластерного анализа в информационных технологиях управления производством комбикормов и премиксов. Инновации в сельском хозяйстве, № 4(33). 2019. С. 170-176.

9. Кіктєв М. О. Програмна реалізація методу k - середніх інтелектуальної інформаційно-управляючої системи виробництва комбікорму. Технологический аудит и резервы производства. 2013. № 5(1). С. 9-11.

10. Snytyuk V. Y., Suprun O. O. Evolutionary techniques for complex objects clustering. 2017 IEEE 4th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), Kyiv, 2017. P. 270-273.

11. Hnatienko H., Suprun O. Fuzzy Set Objects Clustering Method Using Evolution Technologies. ITS 2018 Information Technologies and Security. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2318, Kiev, 2018. P. 129-138.

12. Палій Д. М. Керування енергоспоживанням в SmartGrid. Магістерська дисертація зі спеціальності «Електронні системи». Київ, НТУУ «КПІ», 2018. 114 с.

13. Шкурпела Н. Ю., Кіктєв М. О. Використання кластерного аналізу для обробки метеорологічних даних для ефективного використання відновлювальних джерел електричної енергії. Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції «Теоретико-практичні аспекти аналізу економіки, обліку, фінансів і права» 18.06.2020, ч. 1. С. 66-67.

References

1. Kalashnikov, V.I., Tkachenko, S.N., Khizhniak P.A. (2015). Avtonomnye mikrogrid-sistemy s vozobnovljajemymi istochnikami jenerгии, kak jelement koncepcii smart grid. Perspektivy razvitija [Autonomous microgrid systems with renewable energy sources as part of the smart grid concept. Development prospects]. Visnyk NTU «KhPI», 12 (1121), 374-378.

2. Denisiuk, S. P, Gorenko, D.S. (2016). Analiz problem vprovadzhennya virtual`ny`x elektrostancij [Energety`ka: ekonomika, texnologiyi, ekologiya. [Analysis of problems of implementation of virtual power plants]. Energetyka: ekonomika, texnologiyi, ekologiya, 2, 25-33.

3. Yakymets', R. V. (2016). Metody` klastery`zacyi ta yix klasyfikaciya. [Clustering methods and their classification]. Mizhnarodny`j naukovy`j zhurnal, 6 (2), 48-50.

4. Jain, A. K., Murty, M. N., Flynn, P. J. – Data Clustering: A Review (1996). IEEE Computer Society Press, 69.

5. Osypenko, V.V. (2014). Dva pidxody` do rozv'yazannya zadachi klastery`zacyi u shy`rokomu sensi z pozy`cij indukty`vnogo modelyuvannya [Two approaches to solving the problem of clustering in a broad sense from the standpoint of inductive modeling]. Energetyka i avtomatyka, 1, 83-97.

6. Ivakhnenko, A. G, Osipenko, V. V. (1984). Prognozirovanie redkih sobytij po algoritmu MGUA [Prediction of rare events in the MGUA algorithm]. Avtomatika, 5, 8–12.

7. Osypenko, V., Kaplun, V. (2019). Modeling of Dynamic Energy-Management Scenarios in Local Polygeneration Microgrids Using Inductive Bi-clustering Algorithm. 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Lviv, 183-186.

8. Kiktev, N. A. (2019). Ispol'zovanie metodov klasternogo analiza v informacionnyh tehnologijah upravlenija proizvodstvom kombikormov i premiksov [The use of cluster analysis methods in information technologies for managing the production of compound feeds and premixes]. *Innovacii v sel'skom hozjajstve*, № 4(33), 170-176.

9. Kiktev, M. O. (2013). Programna realizaciya metodu k - srednix intelektual'noyi informacijno-upravlyayuchoyi sy`stemy` vy`robnycztva kombikormu. – [Software implementation of the method k - average intelligent information and control system of feed production]. *Tehnologicheskij audit i rezervy proizvodstva*. 5(1), 9-11.

10. Snytyuk, V. Y. , Suprun, O. O. (2017). Evolutionary techniques for complex objects clustering. 2017 IEEE 4th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD). Kyiv, 2017, 270-273.

11. Hnatiienko, H., Suprun, O. (2018). Fuzzy Set Objects Clustering Method Using Evolution Technologies. ITS 2018 Information Technologies and Security. CEUR Workshop Proceedings, 2318, 129-138.

12. Palii, D. M. (2018). Keruvannya energospozhy`vannyam v SmartGrid [Power management in SmartGrid]. *Magisters`ka dysertaciya zi special`nosti «Elektronni systemy»*. Kyiv, NTUU «KPI», 114

13. Shkorpela, N. Yu., Kiktev, M. O. (2020). Vykorystannya klasternogo analizu dlya obrobky meteorologichnykh danykh dlya efektyvnoho vykorystannya vidnovlyuva`nykh dzherel elektrychnoyi energii. [Use of cluster analysis for meteorological data processing for efficient use of renewable energy sources] *Zbirnyk tez mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferenciyi «Teoretyko-praktychni aspekty analizu ekonomiky, obliku, finansiv i prava» 18.06.2020, part 1*, 66-67.

ПРОЕКТУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ І КЛАСТЕРИЗАЦІЇ В MICROGRID-СИСТЕМІ

В. В. Осипенко, М. О. Кіктєв, Т. І. Лендел

Анотація. *Для побудови систем Microgrid необхідне отримання даних метеослужби, обробка їх і прийняття рішень про те, яке джерело електроенергії доцільно використовувати в даний час доби, пори року, при поточних погодних умовах.*

Метою дослідження є розробка та створення бази даних розподіленої інформаційної системи для проведення кластерного аналізу, обробки і зберігання вхідних метеорологічних даних, алгоритму прогнозування погоди на основі значень обраних показників для подальшого визначення виду використовуваних альтернативних джерел електроенергії на підставі прогнозу.

Описана спроектована і реалізована розподілена інформаційна система для зчитування з мережі Інтернет, зберігання і подальшої обробки метеорологічних даних стосовно до будь-якого регіону з метою прогнозу для ефективного використання поновлюваних джерел електроенергії в Microgrid - системі. Проект реалізований на основі реляційної бази даних Microsoft SQL Server. Кожна з таблиць має поля, що описують погодні умови, необхідні для вирішення поставленого завдання - визначення джерела електроенергії, використання якого економічно ефективно в даний період року, час доби, географічного розташування та

кліматичних умов. Розроблено додаток, що оперує базою даних, на мові C # за шаблоном *Windows Forms Application*. Реалізовано розподіл показників температури в залежності від часу проведених досліджень за певний період із застосуванням кластерного аналізу. Прогнозування погодних даних виконано з використанням авторегресійної моделі часових рядів. Інтерфейс користувача створений засобами *Microsoft Visual Studio*. Обробка всіх даних виконується на стороні локального сервера.

Ключові слова: *micro-grid система, поновлювані джерела, кластерний аналіз, прогнозування, модель авторегресії, розподілена база даних, SQL, Web-додаток, інтерфейс*

DESIGN OF METEOROLOGICAL INFORMATION DATABASE FOR FORECASTING AND CLUSTERING IN MICROGRID SYSTEM

V. Osypenko, N. Kiktev, T. Lendiel

Abstract. *To build Microgrid systems, it is necessary to obtain data from the meteorological service, process them and make decisions about which source of electricity is advisable to use at a given time of day, season, under current weather conditions.*

The aim of the study is to develop and create a distributed information system database for cluster analysis, processing and storage of incoming meteorological data, a weather forecasting algorithm based on the values of the selected indicators to further determine the type of alternative energy sources used based on the forecast.

The article describes designed and implemented distributed information system for reading from the Internet, storing and further processing meteorological data for any region with the aim of forecasting for the effective use of renewable energy sources in Microgrid system.

The project is implemented on the basis of a relational database Microsoft SQL Server. Each of the tables has fields that describe the weather conditions necessary to solve the task – to determine the source of electricity, the use of which is cost-effective in a given period of the year, time of day, geographical location and weather conditions.

The application that operates with a database has been developed in C # according to the Windows Forms Application template. The distribution of temperature indicators is realized depending on the time of the conducted research for a certain period using cluster analysis. Forecasting weather data is performed using an autoregressive time series model.

The user interface was created with Microsoft Visual Studio tools. All data processing is performed on the local server side.

Key words: *micro-grid system, renewable sources, cluster analysis, forecasting, autoregressive model, distributed database, SQL, Web application, interface*