

4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ



Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU

<http://nv.nltu.edu.ua>

<https://doi.org/10.15421/40280226>

Article received 15.03.2018 p.

Article accepted 29.03.2018 p.

УДК 621.311

ISSN 1994-7836 (print)

ISSN 2519-2477 (online)



✉ Correspondence author

Yu. V. Tsymbal

yurij.tsymbal@gmail.com

І. Г. Цмоць, Ю. В. Цимбал, В. І. Роман, Р. В. Сидоренко

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

ЗАСОБИ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ОПРАЦЮВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ДАНИХ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ

Визначено, що для ефективного управління енергоефективністю багаторівнева система управління повинна забезпечувати збір енергетичних даних у реальному часі, створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією, захист даних від несанкціонованого доступу, зберігання, опрацювання, аналіз накопичених даних, прогнозування енергоефективності, визначення шляхів зменшення технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів. Розроблено структуру засобів збереження трирівневої системи управління енергоефективністю, у якій перший рівень використовують для збереження енергетичних даних від підприємств регіону, а другий та третій рівні – зберігають інформацію відповідно економічно-виробничого та технологічного характеру про діяльність підприємства. Розроблено структуру інформаційно-аналітичної системи, основними компонентами якої є засоби: ETL, збереження та захисту даних, аналітичного опрацювання, набування знань, інтелектуального аналізу даних, прогнозування енергоефективності, підтримки прийняття рішень і візуалізації. Вибрано підходи в інтеграції та консолідації даних і сформовано перелік задач для засобів опрацювання даних. Розроблено засоби захисту даних у сховищі від несанкціонованого доступу на базі нейромережових технологій.

Ключові слова: інформаційно-аналітична система; сховище даних; реальний час; нейронні мережі.

Вступ. Багаторівнева система управління енергоефективністю регіону (БСУЕР) складається із інформаційно-аналітичної системи та інтегрованих автоматизованих систем управління (ІАСУ) підприємствами, організаціями та установами регіону, які забезпечують моніторинг енергоспоживання ресурсів у режимі реального часу. Багаторівневе управління передбачає інтеграцію інформаційних ресурсів підприємств, організацій та установ і забезпечення доступу до необхідної інформації в будь-який час із різних засобів.

У склад БСУЕР повинні входити компоненти, які здатні інтегрувати дані з різних територіально розосереджених об'єктів і забезпечувати захист доступу до даних на всіх рівнях управління. Окрім цього, БСУЕР повинна надавати рекомендації та об'єктивну інформацію у зручному вигляді з метою забезпечення прийняття обґрунтованих управлінських рішень (у перспективі з напівавтоматичному чи повністю автоматичному режимі).

При цьому компоненти опрацювання на верхньому рівні повинні оперувати як з оперативною, так і з істо-

ричною інформацією та, за результатами її опрацювання, забезпечувати прийняття ефективних управлінських рішень. Особливістю БСУЕР є те, що вона є розподіленою системою з різним розвитком інформаційної інфраструктури. Усе це потребує пошуку адекватної структури засобів збереження. Не менш важливою для забезпечення достовірності вхідної інформації та усунення надлишкових чи відновлення втрачених (наприклад, через завади під час передавання даних від первинних давачів) даних є розробка програмних компонентів опрацювання даних. При цьому важливим є наявність ефективних предметно орієнтованих сховищ даних як на рівні підприємств, так і на рівні регіону. Предметно орієнтовані сховища даних повинні забезпечувати збір, попереднє опрацювання, фільтрацію, зберігання та надання доступу до даних засобам опрацювання.

З огляду на це, важливим актуальним завданням для забезпечення ефективного функціонування БСУЕР є розроблення засобів збереження, опрацювання та захисту даних.

Інформація про авторів:

Цмоць Іван Григорович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих систем управління.

Email: ivan.tsmots@gmail.com

Цимбал Юрій Вікторович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизованих систем управління.

Email: yurij.tsymbal@gmail.com

Роман Володимир Ігорович, аспірант кафедри автоматизованих систем управління. Email: volodyaroman9@gmail.com

Сидоренко Роман Вікторович, асистент кафедри автоматизованих систем управління. Email: roman.v.sydorenko@lpnu.ua

Цитування за ДСТУ: Цмоць І. Г., Цимбал Ю. В., Роман В. І., Сидоренко Р. В. Засоби збереження, опрацювання та захисту даних багаторівневої системи управління енергоефективністю регіону. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 2. С. 137–143.

Citation APA: Tsmots, I. G., Tsymbal, Yu. V., Roman, V. I., & Sydorenko, R. V. (2018). Tools for Data Storage, Data Processing and Data Protection in the Multi-Level Management System of Energy Efficiency of the Region. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(2), 137–143. <https://doi.org/10.15421/40280226>

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За останні роки здійснено багато досліджень та публікацій, які стосуються питань щодо розроблення багаторівневих систем управління енергоефективністю підприємством, містом, областю та регіоном (Medykovskiy, et al., 2015; Kunynets & Hrytsiuk, 2013; Tsmots, Skorokhoda & Roman, 2016). Розглянемо найважливіші з цих публікацій.

У роботах (Medykovskiy, et al., 2015; O'Leary, 2000; Data Warehouse Design, 2013; Lambda Architecture, 2015; Stashevskiy, & Hrytsiuk, 2013; BeyeNETWORK, 2013) проаналізовано архітектури багаторівневих систем управління енергоефективністю як окремих підприємств, так економіки регіону. Особливістю таких архітектур є орієнтація їх на використання сучасних інтернет-технологій та сховища даних на кожному рівні управління. Недоліком наявних багаторівневих систем управління енергоефективністю є відсутність на кожному рівні управління засобів захисту даних, які зберігаються у сховищах даних.

У працях (Bertocco, et al., 2002; Chiu, Yu Hsien, et al., 2014; BeyeNETWORK, 2015; Teslyuk, et al., 2018) значну увагу приділено питанням збирання та обліку енергоспоживання на кожному рівні управління. Проте у розглянутих працях недостатньо уваги приділено розробленню засобів збереження даних для багаторівневих систем управління енергоефективністю. У роботах (Data Warehouse Design, 2013; BeyeNETWORK, 2015) показано, що для побудови сховищ даних використовують два підходи: "класичний" – на основі реляційних баз даних та на основі концепції Big Data.

Класичний підхід успішно справляється з вирішенням задач інформаційної інтеграції вже протягом останніх десятиріч. Причому, за необхідності забезпечити накопичення та зберігання зростаючих обсягів даних, застосовували екстенсивний метод розвитку інформаційної системи – шляхом використання накопичувачів з більшою ємністю та більш продуктивного серверного обладнання. Однак останніми роками внаслідок широкого впровадження засобів інформатизації спостерігається інтенсивне зростання обсягу даних, їх різноманітності, інтенсивності надходження за одночасної їх неструктурованості. Такі дані сьогодні визначають терміном Big Data (Big Data Implementation vs., 2015; Big Data, 2013; Lambda Architecture, 2015). При цьому класичні методи неефективні для опрацювання великих масивів даних, що потребує вдосконалення методів організації проблемно орієнтованих сховищ даних.

Зазвичай технології Big Data базуються на кластерних технологіях, призначених для побудови сховищ даних для збору, накопичення та опрацювання надвеликих обсягів даних (Lambda Architecture, 2015; Big Data, 2013). Сховища даних на основі Big Data технологій зазвичай організовують на основі лямбда архітектури, котру призначено для організації сховищ, які можуть надавати користувачам миттєву відповідь, яка міститиме найактуальніші дані.

У роботах (Bertocco, et al., 2002; Chiu, Yu Hsien, et al., 2014; Big Data Implementation vs., 2015; Big Data, 2013; Lambda Architecture, 2015) розглянуто системи моніторингу енергоспоживання, як ефективного засо-

бу підвищення енергоефективності підприємств та економіки регіону. Однак у цих роботах мало уваги приділено питанням щодо розроблення засобів опрацювання та візуалізації енергетичних даних. Окрім цього, з аналізу публікацій (Teslyuk, et al., 2018; Medykovskiy, Tsmots & Skorokhoda, 2014; Medykovskiy, et al., 2016; Medykovskiy, Tsmots & Tsymbal, 2013; Tsmots, Tsymbal & Tsmots, 2012; Teslyuk, 2017; Medykovskiy, Tsmots, Tsymbal, 2016) випливає, що формування ефективних управлінських рішень у багаторівневих системах управління енергоефективністю ґрунтується на результатах прогнозування енергоефективності та аналітичного й інтелектуального опрацювання енергетичних даних.

У роботах (Bertocco, et al., 2002; O'Leary, 2000; Chiu, Yu Hsien, et al., 2014; Data Warehouse Design, 2013; Big Data Implementation vs., 2015; Lambda Architecture, 2015) розглянуто технічні та інженерні аспекти розроблення багаторівневих систем управління енергоефективністю, а також сучасні технології збирання, передачі, збереження, захисту та опрацювання енергетичних даних. Проте у розглянутих працях недостатньо уваги приділено питанням комплексного підходу до розроблення таких засобів та їх адаптації до задач багаторівневого управління енергоефективністю регіону.

З проведеного аналізу випливає, що розроблення засобів збереження, опрацювання та захисту даних у багаторівневих системах управління енергоефективністю регіону потребує використання комплексного підходу, який охоплює сучасні інтернет-технології, методи, алгоритми захисту та опрацювання даних, технології баз і сховищ даних.

Мета та завдання дослідження. *Мета роботи* – розроблення структури засобів збереження, опрацювання та захисту даних багаторівневої системи управління енергоефективністю регіону.

Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

- розробити структуру засобів збереження БСУЕР;
- розробити структуру інформаційно-аналітичної системи для управління верхнім рівнем БСУЕР;
- вибрати підходи в інтеграції та консолідації даних;
- сформувати перелік задач для засобів опрацювання даних;
- розробити засоби захисту даних несанкціонованого доступу.

Основні результати дослідження. *Архітектура засобів збереження інформаційних ресурсів БСУЕР.* Підвищення енергоефективності економіки регіону є комплексною проблемою, вирішення якої передбачає розроблення та реалізацію низки системних управлінських рішень як на регіональному рівні, так і на рівні окремих підприємств (організацій, установ). Важливим інструментом підвищення енергоефективності економіки регіону є використання БСУЕР. Для забезпечення ефективного управління БСУЕР, потрібно виконувати такі завдання:

- збір енергетичних даних у реальному часі;
- створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією шляхом інтеграції різноманітних даних за допомогою баз, сховищ даних й інтернет-серверів;
- захист даних від несанкціонованого доступу в системі багаторівневого управління енергоефективністю;

- зберігання, опрацювання та аналіз накопичених даних, визначення шляхів зменшення технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів;
- прогнозування та управління енергоефективністю економікою регіону.

Для інтеграції інформаційних ресурсів у галузі енергоефективності розроблено структуру засобів збереження даних БСУЕР, яку наведено на рис. 1, де: ETL

(Extract, Transform, and Load) – засоби виймання, перетворення та завантаження; СД ФЕ – сховище даних фінансових і економічних; СД Тех – сховище даних технологічних; N – кількість підприємств (Medykovskiy, Tsmots & Podolski, 2013; Kunynets, & Hrytsiuk, 2013; Tsmots, Medykovskiy & Tsmots, 2017).

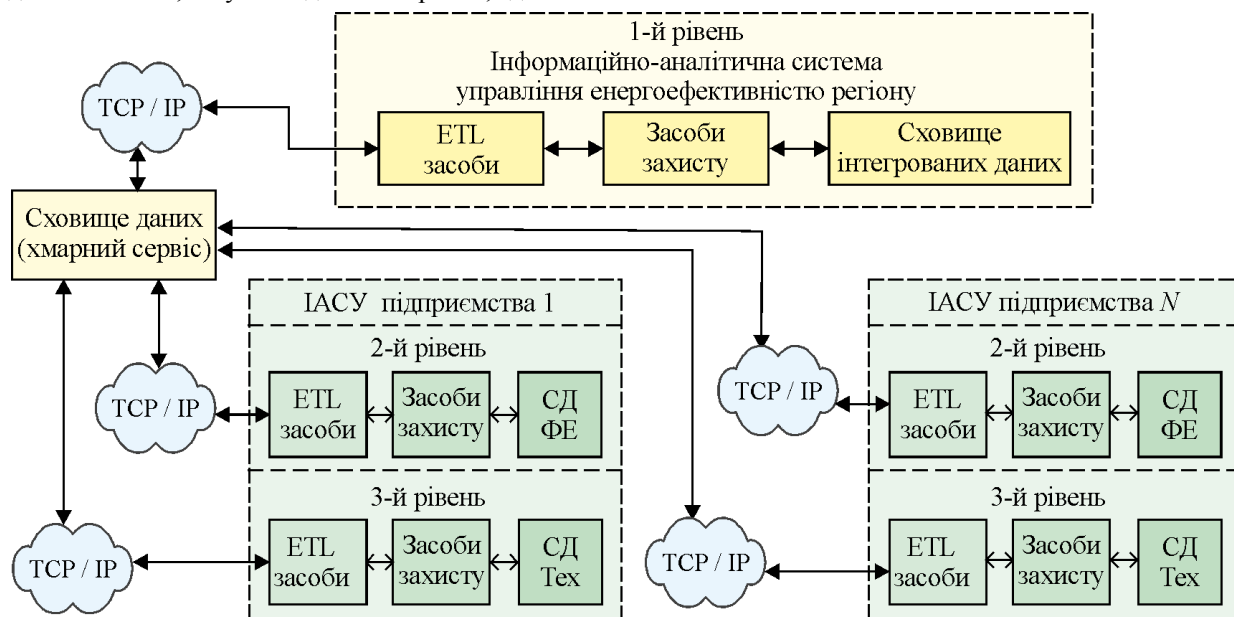


Рис. 1. Структура засобів збереження інформаційних ресурсів у БСУЕР

Розроблена архітектура БСУЕР є тривірневою. Перший рівень управління – інформаційно-аналітична система, яку використовують для управління енергоефективністю підприємств регіону. Другий та третій рівні управління призначені для управління відповідно економічно-виробничою діяльністю та технологічними процесами на підприємствах регіону. На першому рівні управління зберігається оперативна та історична інформація про енергоспоживання підприємств регіону. На другому та третьому рівні зберігаються оперативні та історичні дані відповідно про економічно-виробничу діяльність та технологічні процеси на підприємстві.

Основними особливостями БСУЕР є: великий обсяг даних та їх різноманітність; суперечливість і неповнота; висока інтенсивність надходження вхідних даних та необхідність забезпечення їх прив'язки до єдиної шкали часу з метою однозначного і несуперечливого їх подальшого зберігання та опрацювання. Ці особливості повинні бути враховані під час вибору чи розроблення засобів збереження БСУЕР.

Основними компонентами збереження інформаційних ресурсів у БСУЕР є: сховище даних у хмарному сервісі, ETL засоби, сховище інтегрованих даних на першому рівні управління, сховища фінансово-економічних і технологічних даних у ІАСУ на кожному підприємстві, засоби захисту від несанкціонованого доступу до сховищ даних.

Сховище даних у хмарному сервісі має відкриті інтерфейси для доступу та публікації інтегрованих даних, управління якими здійснюється хмарним сервісом. Доступ до цих даних може здійснювати будь-який користувач мережі Інтернет за допомогою пуб-

личних, документованих інтерфейсів доступу, які надає хмарний сервіс. За накопичення даних у хмарному сервісі безпосередньо відповідають підприємства (установи) регіону. Дані з підприємств (установ) записуються у сховище даних у хмарному сервісі за допомогою інтерфейсів, які базуються на HTTP протоколі. Для роботи зі сховищем даних у хмарному сервісі пропонують використати інтерфейс з HTTP REST протоколом, який є простим і уніфікованим інтерфейсом для роботи з мережею. Цей інтерфейс надає користувачам змогу як напряму публікувати чи читати дані з сервісу, так і робити запити на керуючі дії. Прикладом таких дій може бути запит на встановлення сервісом потокового читання даних на основі TCP сокетів. Сервіс може надавати файлові інтерфейси для публікації файлів із даними. Такими інтерфейсами можуть бути FTP сервери, локальні файлові системи чи хмарні файлові системи, наприклад такі як AWS S4. Реалізація сховища даних у хмарному сервісі можлива за допомогою популярних хмарних сервісів, таких як: AWS, Azure і Google Cloud.

Інформаційно-аналітична система. Для управління енергоефективністю підприємств регіону розроблено структуру інформаційно-аналітичної системи, яку наведено на рис. 2. Основними компонентами такої системи є: засоби ETL, засоби захисту, сховище даних, OLAP (Online Analytical Processing, інтерактивна аналітична обробка) та BI (Business Intelligence – набування знань із використанням різних апаратно-програмних технологій), Data Mining (інтелектуальний аналіз даних), засоби прогнозування енергоефективності, підтримки прийняття рішень і візуалізації.

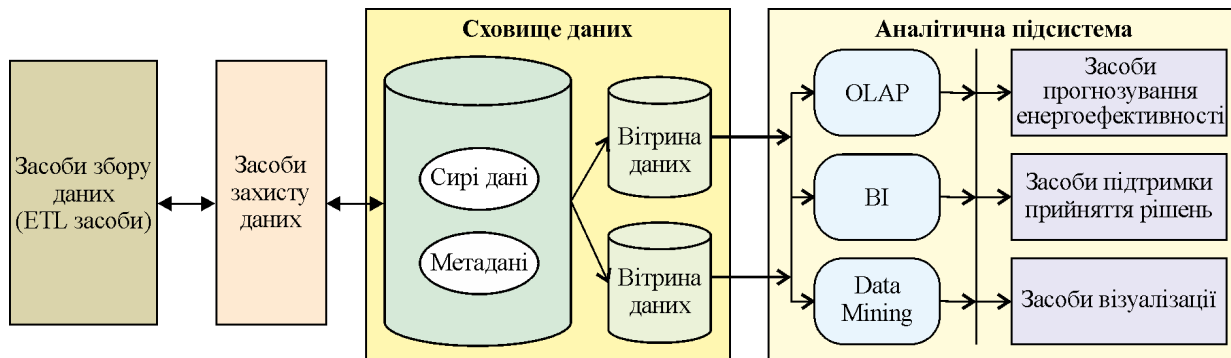


Рис. 2. Структура інформаційно-аналітичної системи БСУЕР

Основою сховища інформаційно-аналітичної системи є база даних, яка містить історичні, так звані сирі дані (raw data). Дані у сховищі зберігаються в структурованій і зручній для аналітичного опрацювання формі. Сховище даних надає змогу працювати з великими обсягами даних у різних форматах, які інтегровані з різних джерел, та забезпечувати підтримку одночасної роботи з багатьма користувачами. Метадані сховища містять широкий набір інформації, яка надає дані про користувачів та права доступу, забезпечує конфігурування сховища. У сховищі використовують staging область, яка представляє собою тимчасові таблиці для збору даних ETL процесами. У сховищах даних використовують вітрини, де зберігається тільки частина всіх даних в агрегованому вигляді, які визначають параметри енергоефективності. Окрім цього, сховище надає OLAP (online analytical processing) та BI (Business Intelligence) засоби, які забезпечують опрацювання і візуалізацію даних. Для реалізації і надання доступу до OLAP технологій у сховищі використовують OLAP сервери. Користувачі можуть отримати доступ до цих засобів як напряму через інтерфейси, так і через програмні додатки (десктопні, веб чи мобільні).

Розглянуто можливість реалізації сховища даних на основі класичних підходів із використанням реляційних баз даних, таких як: Oracle DB, MS SQL Server. Перевагами таких систем є широка підтримка засобів інтеграції та представлення даних. Недоліками системи є платна ліцензія на використання та труднощі з горизонтальним масштабуванням.

Запропоновано реалізувати сховище даних на основі Big Data технологій, яке надає змогу ефективно зберігати, опрацьовувати та надавати доступ до великих обсягів даних у розподіленому режимі. Окрім цього, ці технології забезпечують ефективне опрацювання неструктурованих даних з високонавантажених і різноманітних вхідних джерел даних та підтримують велику кількість користувачів. До Big Data технологій, на основі яких пропонується реалізація сховища даних, запропоновано використати такі NoSQL рішення: бази даних Cassandra, HBase, MongoDB, DynamoDB, Impala, Druid; пошуковий рушій Elasticsearch; розподілені файлові системи Hadoop HDFS, Amazon S3; брокер повідомлень Kafka. Запропоновано використовувати реляційні бази даних, такі як MySQL та PostgreSQL, як сховища для метаданих, а для опрацювання даних та побудови ETL процесів: Spark, Flink, Storm, HIVE, Presto, Akka. Більшість наведених технічних засобів мають відкритий програмний код та безкоштовні для використання. Сховище на основі Big Data технологій забезпечує інтеграцію та опрацювання

великих обсягів даних, гнучкість та горизонтальне масштабування.

Запропоновано, щоб ІАСУ підприємств (установ) публікували свої дані у хмарному сервісі та забезпечували захищеність їх інфраструктури та даних. Хмарний сервіс надає широкі можливості для публікації даних за допомогою таких засобів: SQL запити на основі JDBC та ODBC протоколів; HTTP REST інтерфейсів; читання з TCP сокетів; файлових систем та FTP серверів; спеціалізованих API для мов програмування на основі мережевого стеку. Залежно від типу та форматів даних для спрощення розробки компонентів і їх публікації підприємство може скористатися тим чи іншим інтерфейсом публікації даних у хмарному сервісі.

Програмні компоненти попереднього опрацювання даних призначені для забезпечення достовірності первинних даних, які надходять у БСУЕР. Варто зазначити такі завдання попереднього оброблення: фільтрування вхідних первинних даних із давачів, порогова обробка; відновлення частково втрачених даних на певних часових проміжках; інтелектуалізована попереднє оброблення. Причинами появи недостовірності є, поряд із фізичним пошкодженням давача, збої у системах електроживлення, завади зі сторони силового обладнання виробничих об'єктів та збої у роботі каналів зв'язку. Завдання фільтрування первинних даних, порогової обробки виконуються ETL засобами первинних систем збору даних. Інтелектуалізовану попередню обробку призначено для можливого відтворення втрачених вимірів із давача та аналізу достовірності та несуперечливості окремого параметра, порівняно з іншими. Реалізація завдань відновлення частково втрачених даних на певних часових проміжках потребує застосування апарату штучних нейронних мереж, яку потрібно реалізовувати за допомогою сучасних SoC систем.

Підходи до інтеграції та консолідації даних. Важливою особливістю сховища даних є необхідність інтеграції даних, запис як сирих, так і узагальнених даних. Визначено основні поняття теорії інтеграції. Теорія інтеграції даних є підмножиною теорії баз даних і формалізує основні поняття за допомогою логіки першого порядку. Систему інтеграції даних формально визначають як трійку $\langle G, S, M \rangle$, де: G є глобальною схемою (або схемою посередника), S – множина схем різноманітних джерел даних, M – відображення між запитом джерела і запитом глобальної схеми. G і S подають виразами мови, алфавіт якої складається зі символів, що встановлюють відображення між символами, притаманних обоим схемам (тут теорія інтеграції переплетена з роботами щодо інтеграції даних через створення метамови). Відображення M складається з

тверджень між запитом на G і запитом на S . У випадку, коли користувачі створюють запити за системою інтеграції даних, вони встановлюють зв'язки між елементами в глобальній схемі та схемі джерела. База даних через схеми визначається як множина наборів, по одному для кожного відношення (у реляційній базі даних). Базу даних відповідного джерела схеми S буде складатися з множин кортежів для кожного з різних джерел даних. Це єдине джерело бази даних насправді може бути множиною непов'язаних баз даних. Базу даних, схема якої відповідає віртуальній схемі посередника G , називають глобальною базою даних. Глобальна база даних має задовольняти відображення M стосовно вихідної бази даних. Чинність цього відображення залежить від характеру зв'язку між G і S . Є два способи моделювання цієї відповідності: глобальний (Global As View, GAV) і локальний (Local As View, LAV). У GAV підмножина кортежів, яку відображає посередник, є набагато меншою, ніж множина кортежів джерел даних. У LAV кількість кортежів глобальної схеми є набагато більшою, ніж кількість кортежів у джерелах даних. Тому в LAV-системах часто знаходимо неповні відповіді.

У підході GAV для інтеграції даних розробник системи буде спершу розробляти посередників для кожного з джерел інформації, а потім розробить глобальну схему для них. У цьому випадку велика значна частину зусиль зосереджено на написанні правильного коду посередника, що може бути складним, якщо таких джерел є багато, і кількість їх постійно збільшується, особливо це актуально для просторів даних. З іншого боку, в LAV первинна база даних моделюється як сукупність поглядів на G . У цьому випадку M з'являється кожному елементу S запит по G . До того ж точні зв'язки між G і S не завжди визначені. Перевага моделювання LAV полягає в тому, що нові джерела можуть бути додані з набагато меншими зусиллями, ніж у системі GAV.

Опрацювання запитів у системах інтеграції даних зазвичай відображається за допомогою об'єднання. У GAV-системах розробник посередника пише код, щоб перевизначити запис. Кожен елемент у запиті користувача відповідає правилу заміни так само, як кожен елемент глобальної схеми відповідає запиту до джерела. Опрацювання запитів просто розширює підцілі за запитом користувача відповідно до правила, зазначеного у посередника і, внаслідок цього запити стають еквівалентні. Найефективнішим з алгоритмів перезапису запитів для GAV є TSIMMIS.

У LAV-системах процес переписування запитів є радикальніший, оскільки немає посередника, який може встановити відповідність з глобальною схемою. Системі інтеграції необхідно виконати пошук по всьому простору можливих питань для того, щоб знайти ті, які відповідають запиту користувача. Внаслідок перезапису є ймовірність отримати нееквівалентний запит, але такий, що найбільше відповідає запиту користувача, внаслідок чого і виникає невизначеність у відповіді на запит. Алгоритм MiniCon вважають найкращим серед алгоритмів перезапису запитів для LAV.

Розглянуто підхід до консолідації даних. Він базується на основі ETL процесів та збереження узгоджених даних у сховищі. Запропоновано використовувати концепцію Data Lake. Концепція передбачає заванта-

ження у сховище всіх даних із джерел в оригінальному вигляді без агрегацій та перетворень, що дає змогу працювати з даними на найнижчому рівні. За потреби можна звертатися до агрегованих чи попередньо опрацьованих областей даних. Концепція Data Lake підтримується технологією Big Data.

Засоби опрацювання енергетичних даних. У трирівневій БСУЕР на кожному рівні управління використовують як спільні засоби опрацювання, так і спеціалізовані для конкретного рівня. На першому рівні управління (верхній) здійснюється управління енергоефективністю підприємств регіону. Засоби опрацювання першого рівня управління повинні забезпечувати виконання таких завдань:

- попередню обробку та оцінювання даних у реальному часі з використанням штучних нейронних мереж;
- перетворення різнотипних багатовимірних даних у візуальні образи;
- інтелектуальний аналіз даних і бізнес-аналітика;
- прогнозування енергоефективності економіки регіону;
- формування управлінських рішень на основі аналізу результатів опрацювання;
- оптимізацію структури споживання паливно-енергетичних ресурсів;
- зменшення енергоємності виробництва одиниці продукції, виконаних робіт, наданих послуг у організаціях і установах регіону;
- скорочення рівня невиробничих втрат паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах регіону.

Другий рівень управління використовують для управління виробництвом, синхронізацію, координацію, аналізом та оптимізацію випуску продукції. Третій рівень управління зв'язаний з управлінням технологічними процесами, контролем і управлінням параметрами обладнання. Засоби опрацювання другого та третього рівнів управління повинні забезпечувати виконання таких завдань:

- попереднє опрацювання та оцінювання даних із дачивів у мовах заводів і неповної інформації;
- управління виконавчими механізмами та складними об'єктами;
- управління рухом, контроль тяги і допоміжні сервіси в транспортних засобах;
- автономне управління та прогнозування руху транспортних засобів;
- прогнозування, управління технологічними процесами та складними об'єктами;
- вирівнювання навантаження в електромережах для оптимізації їх роботи;
- оптимізація витрат ресурсів, режимів роботи виробничих систем;
- налаштування параметрів технічних засобів залежно від умов навколишнього середовища.

Засоби захисту даних. Під час розроблення підсистеми захисту даних у БСУЕР необхідно забезпечити невідкладне виконання таких вимог:

- 1) можливість застосування як у реальному часі, так і для даних у сховищі;
- 2) дотримання заданого рівня стійкості проти зовнішніх атак.

Цим вимогам відповідає підсистема захисту на основі нейромережевої криптографії, яка використовує архітектуру автоасоціативної нейронної мережі з одним прихованим шаром (Diamantaras & Kung, 1996). Базою для побудови алгоритмів навчання та функціону-

вання такої мережі є модель послідовних геометричних перетворень (Tsymbal & Tkachenko, 2016), яка передбачає наявність латеральних зв'язків між нейронами прихованого шару (рис. 3).

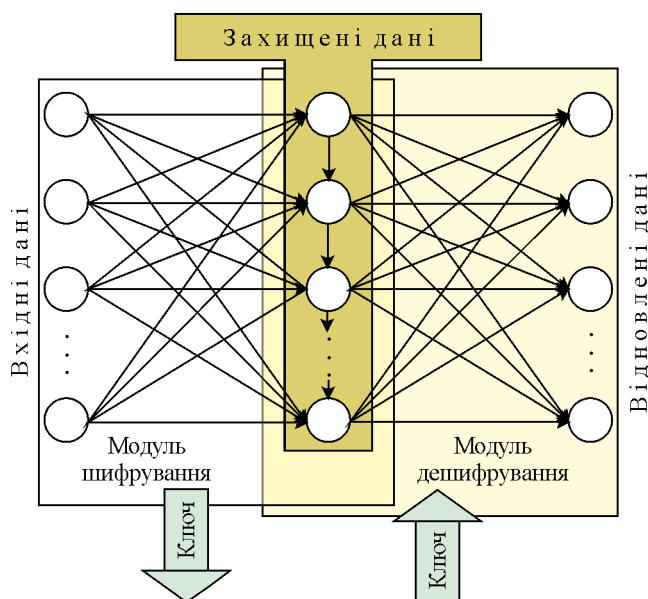


Рис. 3. Структура підсистеми нейромережевого захисту даних у БСУЕР

Неймережа реалізує схему блочного симетричного шифрування з ключем, який утворюють параметри навченої неймережі. Модель послідовних геометричних перетворень дає змогу отримати представлення вхідних багатовимірних даних у новому ортогональному базисі, і реалізується на основі неітераційного жадібного алгоритму найвіддаленішої точки, що забезпечує швидке шифрування і застосування в реальному часі. За кількістю нейронів у прихованому шарі, що дорівнює кількості вхідних і вихідних нейронів, надається змога відновити без втрат на виході мережі захищені дані, що отримані на виході прихованого шару. Для відновлення даних використовують послідовні геометричні перетворення, які є зворотними до перетворень, проведених на етапі шифрування.

Висновки

1. Визначено, що для ефективного управління енергоефективністю багаторівневої системи управління повинна забезпечувати: збір енергетичних даних у реальному часі; створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією; захист даних від несанкціонованого доступу; зберігання, опрацювання, аналіз накопичених даних; прогнозування енергоефективності, визначення шляхів зменшення технологічних і невиробничих втрат енергоресурсів.
2. Розроблено структуру засобів збереження трирівневої системи управління енергоефективністю, у якій перший рівень використовують для збереження енергетичних даних від підприємств регіону, а другий та третій рівні зберігають інформацію відповідно економічно-виробничого та технологічного характеру про діяльність підприємства.
3. Розроблено структуру інформаційно-аналітичної системи, основними компонентами якої є засоби: ETL, збереження та захисту даних, аналітичного опрацювання, набування знань, інтелектуального аналізу даних, прогнозування енергоефективності, підтримки прийняття рішень і візуалізації. Вибрано підходи в інтеграції та

консолідації даних і сформовано перелік завдань для засобів опрацювання даних.

4. Розроблено засоби захисту даних несанкціонованого доступу до сховищ даних на основі автоасоціативної нейронної мережі, що навчають за моделлю послідовних геометричних перетворень.

Статтю підготовлено за результатами НДР "Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону".

Перелік використаних джерел

- Bertocco, M., Cappellazzo, S., Flammini, A., & Parvis, M. (2002). A multi-layer architecture for distributed data acquisition. *Proceedings of the 19th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, (IMTC/2002)*, 2, 1261–1264. <https://doi.org/10.1109/IMTC.2002.1007138>
- BeyeNETWORK (2015). Big Data Implementation vs. Data Warehousing. Retrieved from: <http://www.b-eye-network.com/view/17017>
- Big Data. (2013). Big Data and its Impact on Data Warehousing. Retrieved from: http://cdn.tgtmedia.com/BeyeNETWORK/downloads/BigDataE-Book_final.pdf
- Chiu, Yu., & Hsien, et al. (2014). *Enterprise resource planning*. 128 p. Data Warehouse Design. (2013). Retrieved from: <http://tdan.com/data-warehouse-design-inmon-versus-kimball/20300>
- Diamantaras, K. I., & Kung, S. Y. (1996). *Principal Component Neural Networks: Theory and Applications*, Wiley. 270 p.
- Kunynets, A. I., & Hrytsiuk, Yu. I. (2013). Informatsiini zahrozy ta problemy zabezpechennia informatsiinoi bezpeky promyslovykh kompanii. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(2), 352–360. Lviv: RVV NLTU Ukrainy. [in Ukrainian].
- Lambda Architecture. (2015). Retrieved from: <http://lambda-architecture.net/>
- Medykovskyi, M. O., Tkachenko, R. O., Tsmots, I. H., Tsymbal, Yu. V., Doroshenko, A. V., & Skorokhoda, O. V. (2015). *Intelektualni komponenty intehrovanykh avtomatyzovanykh system upravlinnia*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki. 280 p. [in Ukrainian].
- Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. G., & Skorokhoda, O. V. (2014). Spectrum neural network filtration technology for improving the forecast accuracy of dynamic processes in economics. *Actual Problems of Economics*, 12(162), 410–416.
- Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. G., & Tsymbal, Y. V. (2013). Intelligent data processing tools in the systems of energy efficiency management for regional economy. *Actual Problems of Economics*, 12(150), 271–277.
- Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. G., Skorokhoda, O. V., & Teslyuk, T. V. (2016). Design of Intelligent Component of Hierarchical Control System. *Econtechmod. An International Quarterly Journal*, 5(2.3), 3–10.
- Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. H., & Podolski, M. R. (2013). Obruntuvannia pryntsyv pobudovy ta rozroblennia uzahalnoyi struktury informatsiino-analitychnoi systemy dlia otsiniuvannia, prohnuzuvannia ta upravlinnia enerhoefektyvnosti ekonomiky rehionu. *Visnyk NU "Lviv's'ka politekhnika". Seriya: Kompiuterni nauky ta informatsiini tekhnologii*, 751, 40–51. Lviv. [in Ukrainian].
- Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. H., & Tsymbal, Y. V. (2016). Information analytical system for energy efficiency management at enterprises in the city of Lviv (Ukraine). *Actual Problems of Economics*, 1(175), 379–384.
- O'Leary, D. E. (2000). *Enterprise resource planning systems: systems, life cycle, electronic commerce, and risk*. Cambridge University Press. 350 p.
- Stashevskiy, Z. P., & Hrytsiuk, Yu. I. (2013). Analiz dzhерel zahroz informatsiinykh systemam na etapi iniatsiitii proektu. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiedialnosti*, 7, 67–74. Lviv: Vyd-vo LDU BZhd. [in Ukrainian].
- Teslyuk, T., Tsmots, I., Teslyuk, V., Medykovskyi, M., & Opytyak, Y. (2017). Architecture of the management system of energy efficiency of technological processes at the enterprise. *Proceedings of*

XIIIth International Scientific and Technical Conference, (CSIT'2017), 5–8 September, 429–433. Lviv, Ukraine.

Teslyuk, T., Tsmots, I., Teslyuk, V., Medykovsky, M., & Opotyak Y. (2018). Architecture and Models for System-Level Computer-Aided Design of the Management System of Energy Efficiency of Technological Processes at the Enterprise. *Automation 2017. International Conference Automation 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing 689, Springer*, 538–557.

Tsmots, I. G., Tsymbal, Y. V., & Tsmots, O. I. (2012). Early-warning systems for enterprises using neural networks tools. *Actual Problems of Economics*, 10(136), 283–291.

Tsmots, I. H., Skorokhoda, O. V., & Roman, V. I. (2016). Skhovyshcha danykh bahatorivnevykh system upravlinnia enerho-

efektyvnistiu. *Modeliuvannia ta informatsiini tekhnologii*, 77, 192–197. [in Ukrainian].

Tsmots, I. H., Tesliuk, T. V., Opotiak, Yu. V., & Tesliuk, V. M. (2017). Arkhitektura bahatorivnevoi systemy upravlinnia enerhoefektyvnistiu rehionu. *Visnyk NU "Lvivska politekhnika". Seriya: Kompiuterni nauky ta informatsiini tekhnologii*, 864, 201–209. Lviv. [in Ukrainian].

Tsymbal, Y., & Tkachenko, R. (2016). A Digital Watermarking Scheme Based on Autoassociative Neural Networks of the Geometric Transformations Model. *Proceedings of the 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing*, 231–234.

И. Г. Цмоць, Ю. В. Цымбал, В. И. Роман, Р. В. Сидоренко

Національний університет "Львівська політехніка", г. Львів, Україна

ИНСТРУМЕНТЫ ХРАНЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И ЗАЩИТЫ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ МНОГОУРОВНЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ РЕГИОНА

Определено, что для эффективного управления энергоэффективностью многоуровневая система управления должна обеспечивать сбор энергетических данных в реальном времени, создание единого информационного пространства с достоверной, полной и оперативной информацией, защиту данных от несанкционированного доступа, хранение, обработку, анализ накопленных данных, прогнозирование энергоэффективности, определение путей уменьшения технологических и производственных потерь энергоресурсов. Разработана структура средств сохранения трехуровневой системы управления энергоэффективностью, в которой первый уровень используется для сохранения энергетических данных от предприятий региона, а второй и третий уровни – сохраняют информацию экономически-производственного и технологического характера о деятельности предприятия. Разработана структура информационно-аналитической системы основными компонентами которой являются средства: ETL, сохранения и защиты данных, аналитической обработки, добывания знаний, интеллектуального анализа данных, прогнозирования энергоэффективности, подержки принятия решений и визуализации. Выбраны подходы к интеграции и консолидации данных и сформирован перечень задач для средств обработки данных. Разработаны средства защиты данных в хранилище от несанкционированного доступа на основе нейросетевых технологий.

Ключевые слова: информационно-аналитическая система; хранилище данных; реальное время; нейронные сети.

I. G. Tsmots, Yu. V. Tsymbal, V. I. Roman, R. V. Sydorenko

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

TOOLS FOR DATA STORAGE, DATA PROCESSING AND DATA PROTECTION IN THE MULTI-LEVEL MANAGEMENT SYSTEM OF ENERGY EFFICIENCY OF THE REGION

The authors have defined that for the effective management of energy efficiency, the multilevel control system should provide real-time energy data acquisition, creation of a single information space with reliable, complete and operational information, protection of data from unauthorized access, storage, processing, analysis of acquired data, forecasting of energy efficiency, determination of routes for reduction of technological and non-productive losses of energy resources. The structure of tools for data storage in the three-level energy efficiency management system is developed. The first level in this structure is used to save energy data from enterprises of the region, and the second and third levels keep information in line with the economic-industrial and technological nature of the enterprise activities. The structure of the information-analytical system consists of such components as ETL, data storage and protection, analytical processing, knowledge acquisition, data mining, energy efficiency forecasting, and decision support and visualization. Cloud services usage for implementation of the data warehouse has been offered. Some approaches to integration and consolidation of data have been considered and a list of tasks for data processing components has been formed. An ETL-based approach and maintaining consistent data in the repository using the Data Lake concept have been proposed. Requirements for energy data processing tools at each level of management have been considered, a list of tasks for these tools has been developed. Tools for protection from unauthorized access to data warehouse on the basis of an auto-associative neural network with one hidden layer have been developed. The neural network contains lateral connections between neurons in a hidden layer and trained using a model of successive geometrical transformations. Thus, the neural network implements a block symmetric encryption scheme with a key which is formed by the parameters of the trained neural network.

Keywords: information-analytical system; data warehouse; real time; neural networks.