

## МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧІВ У ТЕПЛИЦІ

*М. І. Лендел, аспірант*

*E-mail: [marynalendel@gmail.com](mailto:marynalendel@gmail.com)*

*Т. І. Лендел., кандидат технічних наук, доцент*

*E-mail: [taraslendel@gmail.com](mailto:taraslendel@gmail.com)*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Анотація.** Розроблені системи автоматичного керування забезпечують у теплицях постійний контроль технологічних показників, а також звітність про поточний стан у режимі реального часу та проведення аналізу на основі наявних даних.

Маючи ці дані у системі, виробник може проводити аналіз всіх ключових показників, їхні зміни та вплив у розрізі часу та приймати відповідні рішення для свого підприємства. Проте створені системи з часом розширюються, а відповідно інформація в них теж, тому необхідно ефективно аналізувати попередньо внесені дані. У такому випадку існує необхідність у створенні системи, яка буде проводити аналіз показників на основі накопичених даних. Запропоновано проводити аналіз з використанням технологій OLAP та Data Mining.

Мета дослідження – реалізація сховища даних системи підтримки прийняття рішень із застосуванням технології Data Mining для підвищення ефективності вирощування овочів у спорудах закритого ґрунту.

У процесі розробки системи автоматизованого керування була розроблена модель сховища цих системи підтримки прийняття рішень. У роботі за допомогою алгоритму часових рядів та розроблено структуру динамічної бази даних. При цьому було створено модулі введення, зберігання та аналізу даних. Було запропоновано застосування технології Data Mining для аналізу великих обсягів інформації. Отримані результати роботи системи можуть бути використані в процесі формування управлінських рішень для керування технологічними процесами у тепличному господарстві. Означене дозволить спрямувати стратегію управління окремими бізнес-процесами таким чином, щоб збільшити врожайність в теплицях і, відповідно, прибутковість господарства в цілому.

**Ключові слова:** база даних, моніторинг, Data Mining, сховище даних, теплиця

**Актуальність теми.** У процесі росту рослин важливо враховувати визначені технологіями показники мікроклімату теплиці для забезпечення рівня врожайності продукції у майбутньому [1]. Під час вирощування овочевої продукції в теплиці

важливим етапом є саме визначення та аналіз умов, які необхідні для нормального росту й розвитку рослини, що безпосередньо впливатиме на врожайність. Рівень врожайності визначатиме формування прибутку виробництва, а також ефективність виробництва [3, 7]. Враховуючи наведені особливості, постає доцільність використання програмних засобів для моніторингу, збереження та аналізу показників, які важливі для підвищення ефективності вирощування.

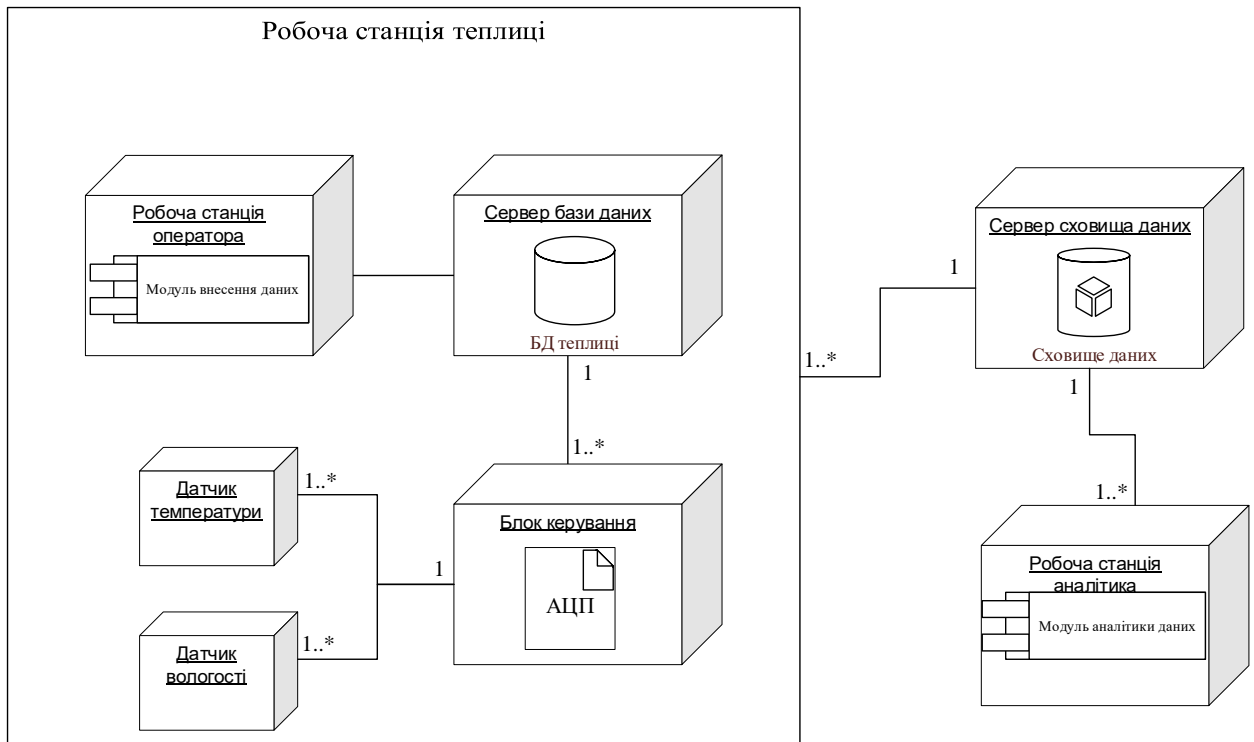
**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Розроблені системи автоматичного керування забезпечують постійний контроль технологічних показників у спорудах закритого ґрунту, якими є теплиці, також звітність про поточний стан у режимі реального часу та проведення аналізу на основі наявних даних.

На основі наявних даних у системі виробник може проводити аналіз всіх ключових показників, їхні зміни та вплив у розрізі часу та приймати відповідні рішення для свого підприємства. Проте створені системи з часом розширюються, а відповідно інформація в них теж, тому необхідно ефективно аналізувати попередньо внесені дані. У такому випадку існує необхідність у створенні системи, яка буде проводити аналіз показників на основі накопичених даних. Нами запропоновано проводити аналіз з використанням технологій OLAP та Data Mining [2].

**Мета дослідження** – реалізація сховища даних системи підтримки прийняття рішень із застосуванням технології Data Mining для підвищення ефективності вирощування овочів у спорудах закритого ґрунту.

**Матеріали і методи дослідження.** При розробці запропонованої моделі сховища даних системи підтримки прийняття рішень було проаналізовано існуючі приклади технології вирощування овочевої продукції (на прикладі томату). При цьому визначено, що температура повітря є одним із основних параметрів вирощування, при цьому за технологією вирощування температура повітря вдень повинна бути в межах +21...+25 °С, вологості повітря – 60...80 % [3, 7]. Для врахування особливостей зміни температури повітря в теплиці було взято за основу уточнену математичну модель, що враховувала зміну температури в просторі теплиці та дозволила розрахувати температуру повітря залежно від впливу зовнішніх збурень [3].

Для якісного аналізу предметної області та вимог у процесі проектування було створено діаграму прецедентів та діаграму розгортання для відображення архітектури системи підтримки прийняття рішень (рис. 1).

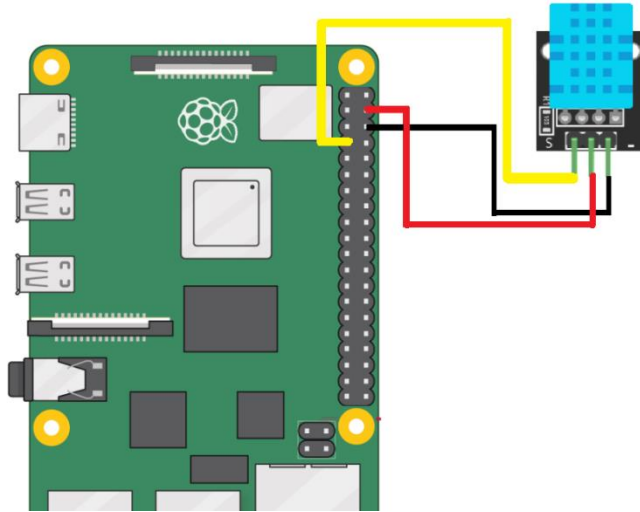


**Рис. 1 Архітектура системи підтримки прийняття рішень для керування температурою повітря в теплиці**

Основними фізичними вузлами у системі є робоча станція теплиці, сервер бази даних, сервер сховища даних та робоча станція аналітики.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Для робочої станції теплиці було розроблено підсистему моніторингу, яка працює з даними в оперативній базі даних, а також апаратне забезпечення з використанням датчиків температури та вологості повітря, які підключені до платформи міні-комп'ютера Raspberry Pi3 Модель B+. Наведена апаратна платформа Raspberry включає в себе 4-ядерний ARMv8 64-бітний процесор з частотою роботи 1,4 ГГц і оперативною пам'яттю 1 Гб. Як сприймаючий елемент для вимірювання технологічних параметрів використано давач температури і вологості повітря DHT11. Програмне забезпечення підсистеми моніторингу температури і вологості повітря реалізовано з використанням мови програмування Python. Під час розробки системи моніторингу передбачено передачу даних про виміряні показники температури та вологості повітря до оперативної бази даних.

Мнемосхема підсистеми моніторингу температури і вологості повітря показано на рис. 2.



**Рис. 2 Мнемосхема підсистеми моніторингу технологічних параметрів вирощування**

Сервер сховища даних та робоча станція аналітики використовуються для проведення аналізу даних. Сховище даних дозволить проводити аналіз у різних розрізах вхідних даних. Означене забезпечується наявністю вимірювань, які являють собою сукупність довідкової інформації про вимірювану подію. У контексті сховищ даних подіями являються факти, які описують результати певного процесу. Структура сховища даних зображена на рис. 3.

Розроблене сховище даних було використано для розгортання багатовимірного кубу з використанням служби SQL Server Analysis Services (SSAS). Для безпосереднього аналізу даних було реалізовано наповнення сховища даних (СД), яке відбувається на основі даних з оперативної бази даних. Процес передачі даних був реалізований за допомогою служби SQL Server Integration Services.

У процесі аналізу отриманих даних було реалізовано обчислення ключового показника ефективності [4, 5], який був реалізований з використанням мови запитів MDX для доступу до багатовимірних структур даних. За заданими правилами показника ефективності визначено, що необхідними значеннями для температури повітря є 21.11 °C та для вологості повітря є 65.99 %.

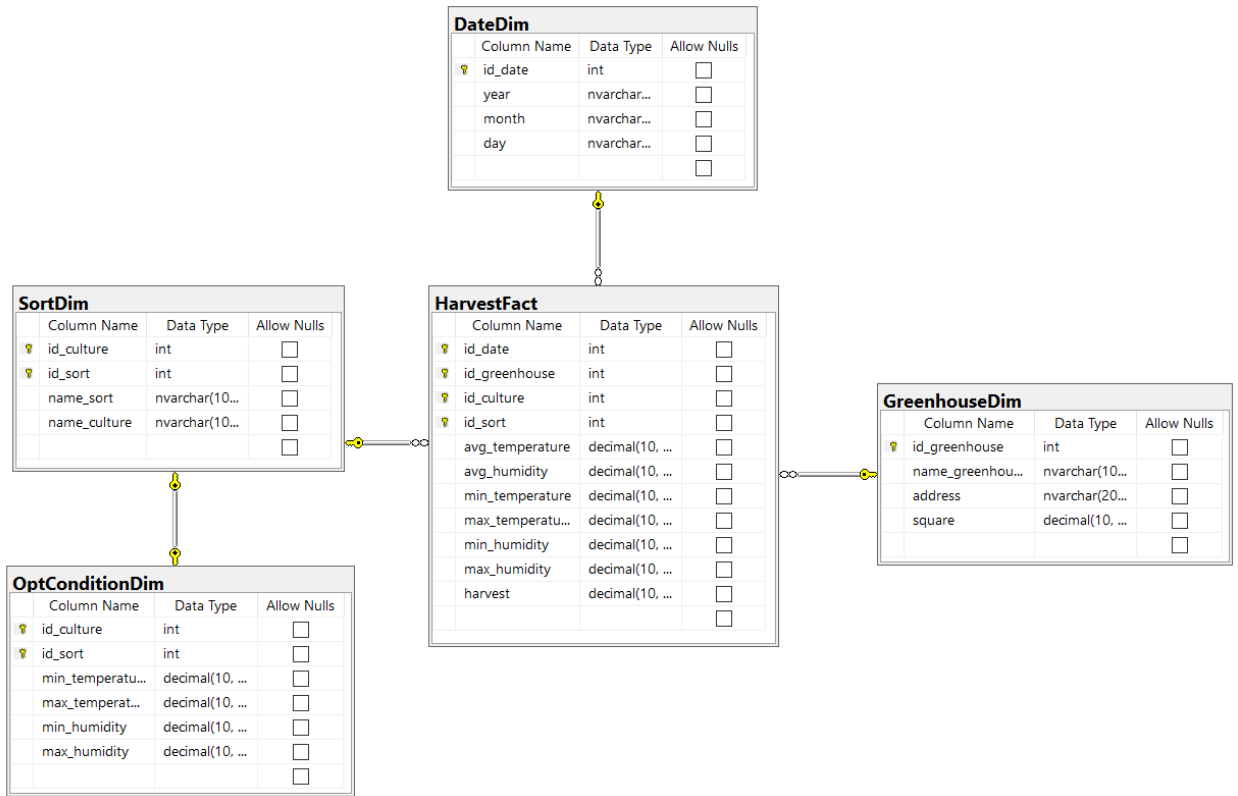


Рис. 3 Структура сховища даних

Для проведення інтелектуального аналізу було використано інструмент SQL Server Data Tools-Business Intelligence(SSDT-BI), який містить технології для бізнес аналізу: створення моделей даних Analysis Services (AS), пакетів Integration Services (IS) та звітів Reporting Services (RS) [7-10].

Використовуючи розгорнуту структуру було побудовано мережу залежностей назви культури та сорту від заданих діапазонів температури та вологості (рис. 4).

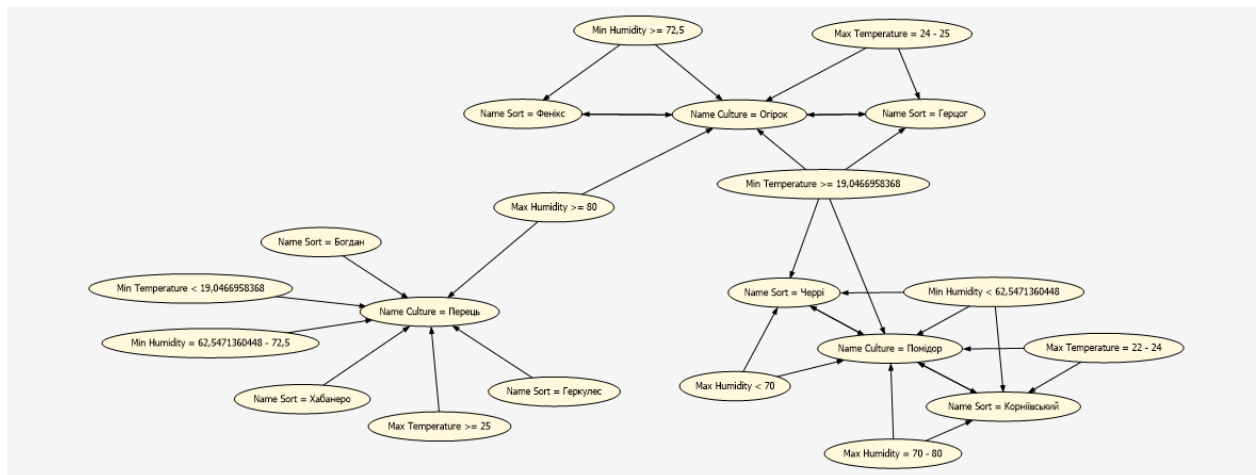
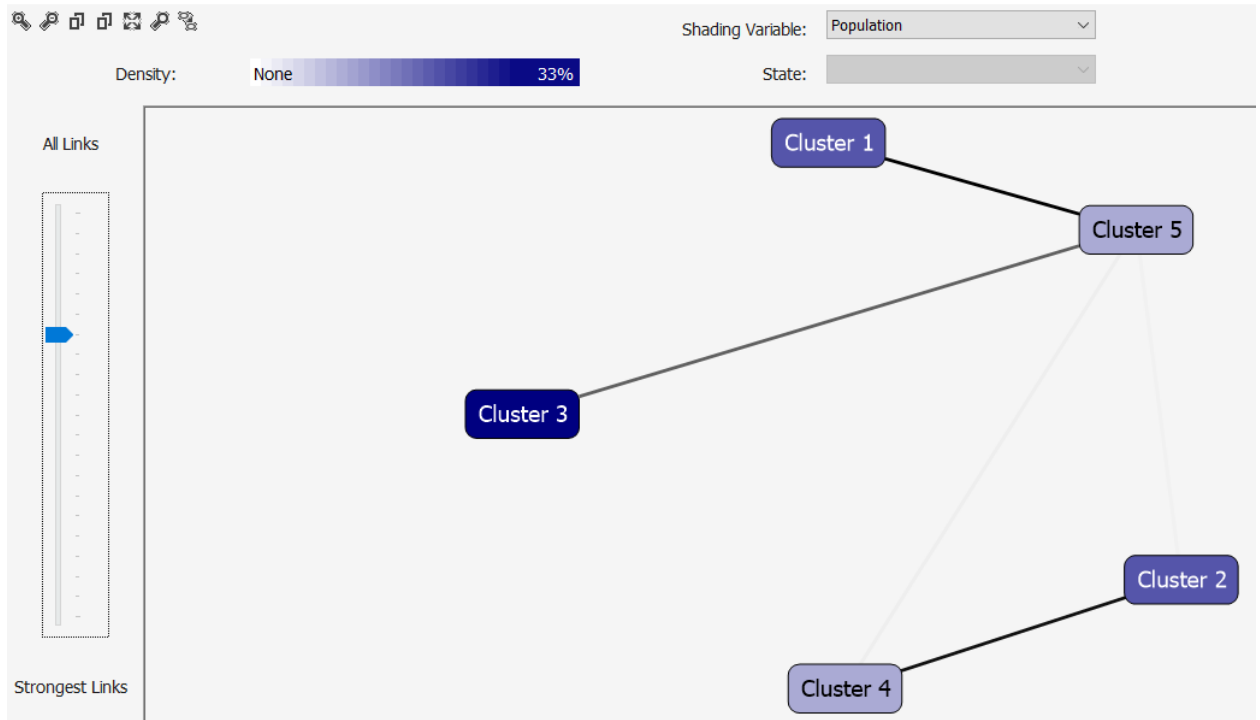


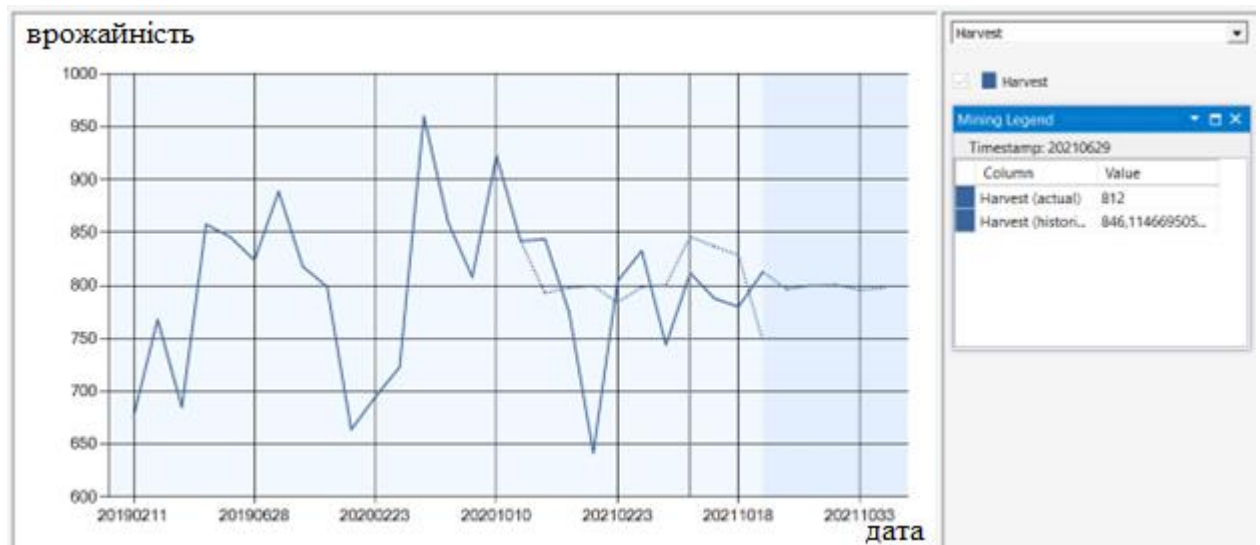
Рис. 4 Мережа залежностей на основі реалізованого алгоритму асоціативних правил

Розгорнувши структуру аналізу алгоритмом кластеризації було отримано модель, наведену на рис. 5, де можна побачити як схожі між собою дані розбиті на кластери. Зв'язок між кластерами демонструє стійкість зв'язку.



**Рис. 5 Кластеризація наявних фактів у сховищі даних**

Виведення результатів роботи системи з використанням алгоритму часових рядів наведено на рис. 6.



**Рис. 6 Сформований графік з використання алгоритму часових рядів**

*Апробація роботи.* Робота доповідалась на міжнародній науковій конференції 20th International Scientific Conference "Dynamical System Modeling and Stability Investigation", DSMSI 2023 - Volume 1: Mathematical Foundations of Information Technologies (Kiktev Nikolay, Maryna Lendiel, Taras Lendiel, "Design of a Data Warehouse for a Dynamic Greenhouse Control System").

**Висновки і перспективи.** У процесі розробки сховища даних системи підтримки приймання рішень для керування технологічними параметрами вирощування овочевої продукції в теплиці було представлено структуру оперативної бази даних. Були розроблені модулі введення, збереження та аналізу даних. Запропоновано використання розробленої підсистеми моніторингу технологічних параметрів вирощування рослин з використанням апаратної платформи Raspberry. За результатами досліджень було запропоновано застосування технології Data Mining для проведення інтелектуального аналізу великих обсягів інформації. Отримані результати роботи системи пропонується використовувати у процесі формування керуючих рішень процесом вирощування овочів у теплиці. Означене дозволить спрямувати стратегію керування окремих бізнес-процесів для підвищення ефективності виробництва овочів у теплицях.

#### Список використаних джерел

1. Lysenko, V., Bolbot, I., Lendiel, T., Koval V., Nakonechnyy I. Genetic Algorithm in Optimization Problems for Greenhouse Facilities. 2022. IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2022, pp. 185-188, doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000750.
2. Silberschatz, Abraham; Korth, Henry F.; Sudarshan, S. (2011). Database system concepts (V. 6). New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-352332-3. OCLC 436031093.
3. Lendiel, T., Lysenko, V., & Nakonechna, K. (2020). Computer-integrated technologies for fitomonitoring in the greenhouse. In Data-Centric Business and Applications: ICT Systems-Theory, Radio-Electronics, Information Technologies and Cybersecurity (Volume 5) (pp. 711-729). Cham: Springer International Publishing.
4. Цюцюра С. В., Криворучко В. В., Цюцюра М. І. Ключові показники ефективності. Принципи розробки ключових показників для бюджетної сфери Управління розвитком складних систем. 2012. Вип. 10. С. 87-91. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss\\_2012\\_10\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2012_10_17).
5. Key Performance Indicators (KPIs) in Multidimensional Models [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://docs.microsoft.com/en-us/analysis-services/multidimensional-models/key-performance-indicators-kpis-in-multidimensional-models?view=asallproducts-allversions>



6. Kroenke, D. M., Auer, D. J., Vandenberg, S. L., & Yoder, R. C. (2010). Database concepts (pp. 1480-1486). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

7. V. Lysenko, T. Lendiel, I. Bolbot and I. Nakonechnyy, "Neural Network Structures for Energy-efficient Control of Energy Flows in Greenhouse Facilities," 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 21-26, doi: 10.1109/PICST57299.2022.10238512.

8. W. Chen, X. Bo, "Dynamic modulating strategy of materialized views in data warehouse," The 3rd International Conference on Data Mining and Intelligent Information Technology Applications, Macao, China, 2011, pp. 102-104.

9. Naeem, M. A. , Mirza, F., Khan, H. U., Sundaram, D., Jamil,N.,Weber, G. Big "Big Data Velocity Management–From Stream to Warehouse via High Performance Memory Optimized Index Join," in IEEE Access, vol. 8, pp. 195370-195384, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3033464.

10. X. Li, M. Yang, X. Xia, K. Zhang, K. Liu, A Distributed Data Fabric Architecture based on Metadata Knowledge Graph. 2022. 5th International Conference on Data Science and Information Technology (DSIT), Shanghai, China, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/DSIT55514.2022.9943831.

### References

1. Lysenko, V., Bolbot, I., Lendiel, T., Koval V., Nakonechnyy I. (2022). Genetic Algorithm in Optimization Problems for Greenhouse Facilities, IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 185-188, doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000750.

2. Silberschatz, Abraham; Korth, Henry F., Sudarshan, S. (2011). Database system concepts (V. 6). New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-352332-3. OCLC 436031093.

3. Lendiel, T., Lysenko, V., Nakonechna, K. (2020). Computer-integrated technologies for fitomonitoring in the greenhouse. In Data-Centric Business and Applications: ICT Systems-Theory, Radio-Electronics, Information Technologies and Cybersecurity, 5, 711-729. Cham: Springer International Publishing.

4. Tsiutsiura, S. V., Kryvoruchko, V. V., Tsiutsiura, M. I. (2012). Kliuchovi pokaznyky efektyvnosti. [Key performance indicators]. Pryntsypy rozrobky kliuchovykh pokaznykiv dlia biudzhetnoi sfery Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, 10, 87-91.

5. Key Performance Indicators (KPIs) in Multidimensional Models. Available at: <https://docs.microsoft.com/en-us/analysis-services/multidimensional-models/key-performance-indicators-kpis-in-multidimensional-models?view=asallproducts-allversions>

6. Kroenke, D. M., Auer, D. J., Vandenberg, S. L., & Yoder, R. C. (2010). Database concepts, 1480-1486. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

7. Lysenko, V., Lendiel, T., Bolbot, I., Nakonechnyy, I. (2022). Neural Network Structures for Energy-efficient Control of Energy Flows in Greenhouse Facilities," 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 21-26, doi: 10.1109/PICST57299.2022.10238512.

8. W. Chen, X. Bo (2011). Dynamic modulating strategy of materialized views in data warehouse, The 3rd International Conference on Data Mining and Intelligent Information Technology Applications, Macao, China, 102-104.



9. Naeem, M. A. , Mirza, F., Khan, H. U., Sundaram, D., Jamil,N.,Weber, G. Big (2020). Data Velocity Management–From Stream to Warehouse via High Performance Memory Optimized Index Join, in IEEE Access, 8, 195370-195384, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3033464.

10. X. Li, M. Yang, X. Xia, K. Zhang, K. Liu, (2022). A Distributed Data Fabric Architecture based on Metadata Knowledge Graph," 2022 5th International Conference on Data Science and Information Technology (DSIT), Shanghai, China, 1-7, doi: 10.1109/DSIT55514.2022.9943831.

## **A MODEL OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING THE PROCESS OF GROWING VEGETABLES IN A GREENHOUSE**

*M. Lendiel, T. Lendiel*

***Abstract.** The developed of automatic control systems provide constant monitoring of technological indicators in greenhouses, as well as reporting on the current state in real time and conducting analysis based on available data.*

*Having this data in the system, the manufacturer can analyze all key indicators, their changes and impact over time and make appropriate decisions for their enterprise. However, the created systems expand over time, and accordingly the information in them also expands, so it is necessary to effectively analyze previously entered data. In this case, there is a need to create a system that will analyze indicators based on accumulated data. It is proposed to carry out analysis using OLAP and Data Mining technologies.*

*The purpose of the research is to implement a data warehouse of a decision support system using Data Mining technology to increase the efficiency of growing vegetables in closed soil structures.*

*In the process of developing an automated control system, a storage model of these decision support systems was developed. In the work, the structure of the dynamic database was developed using the time series algorithm. At the same time, data input, storage and analysis modules were created. The use of Data Mining technology for the analysis of large volumes of information was proposed. The obtained results of the system can be used in the process of forming management decisions for managing technological processes in the greenhouse economy. This will allow you to direct the management strategy of individual business processes in such a way as to increase the yield in greenhouses and, accordingly, the profitability of the farm as a whole.*

**Key words:** *database, monitoring, Data Mining, data storage, greenhouse*