

МЕТОД МАТРИЧНОЇ РЕЗОЛЮЦІЇ В АСПЕКТІ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ

С.Ф. Теленик, Т.В. Безносікова, О.В. Ільченко

Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, 03056, пр. Перемоги 37, корп. 18, к. 308, 8 (044) 241 7039
BeznosikovaT@ukr.net

Розглядається програмно-апаратний підхід для спрощення управління технічними системами з великою кількістю однотипних компонентів і некритичними за часом характеристиками. Пропонується метод, який базується на використанні для управління звичайних персональних комп'ютерів та принципу регулювання по відхиленню, покладеного на формальну мову і механізми виведення клаузальної логіки. Застосування методу продемонстровано на прикладі систем управління теплицею.

The hybrid software hardware approach is considered for simplifying control of technical systems with big number of components of similar type and non-critical time requests. A method is proposed based on using ordinary personal computers and control on deviation using formal language and logical mechanisms of inference by resolution for the clausal logic forms. Application of the method is demonstrated on the example of hothouse control system with a fieldbus and a personal computer as a control center.

Вступ

Розвиток програмно-апаратних засобів обчислень, управління і передачі даних створив умови для побудови систем управління з найкращим співвідношенням ціна-якість. Теплиці є лише одними із складових такого класу об'єктів управління, для яких характерна велика кількість однотипних компонентів, а часові характеристики не є критичними, тобто постійний контроль не вимагається, причому цикл управління складає 6 - 10 хвилин. Для таких об'єктів управління економічно вигіднішим і технічно доцільнішим є застосування простих РС-подібних систем для регулювання по відхиленню на основі перевірки відповідності прогнозованого управління.

В статті пропонується підхід, що базується на використанні для управління звичайних персональних комп'ютерів та принципу регулювання по відхиленню, покладеного на формальну мову і механізми виведення клаузальної логіки [1]. Розробка продемонстрована на прикладі систем управління мікрокліматом в теплиці, актуальність якої зумовлена не тільки збільшенням кількості урожаїв на рік, але й покращенням смакових якостей культур, збільшенням продуктивності, спрощенням боротьби з хворобами та комахами.

Постановка проблеми

Всі існуючі системи управління мікрокліматом в теплицях можна розділити на аналогові та цифрові. Для оцінки таких систем використовуються такі основні відмінності:

- керуючі пристрої та методи управління;
- пристрої зв'язку з об'єктом (датчики, пристрої передачі інформації і т.п.);
- функціональність;
- доступність даних про об'єкт;
- економічна ефективність.

Зокрема, аналогові системи, які можна віднести до старших поколінь, відрізняються простотою побудови та економічністю, проте вони не досить ефективні для різних кліматичних поясів, а також не дозволяють збирати та обробляти інформацію в зручній для користувача формі.

При розгляді систем нових поколінь, а вони сьогодні заявили про себе досить вагомо, відзначимо основні особливості їх побудови. Програмно-апаратну основу їх реалізації складають вільно програмовані контролери та SCADA-системи різних рівнів потужності. Такі розробки систем управління вимагають значних капіталовкладень, хоча і мають багато переваг, насамперед високу швидкодію, багатофункціональність, ефективність роботи. Для багатьох систем такі витрати виправдані, особливо це стосується високоточних систем для металообробки, вирощування кристалів, теплозабезпечення тощо. Проте при управлінні теплицею, коли об'єкт не вимагає постійного контролю, собівартість продукції стає досить високою. Виникає проблема спрощення елементної бази системи за умови збереження її багатофункціональності. Щоб уникнути використання промислових контролерів, можна використовувати для управління звичайний персональний комп'ютер та принцип регулювання по відхиленню, покладений на клаузальну логіку.

При заявленому управлінні виникає питання стійкості такої системи керування та оцінка її показників якості. Проаналізуємо поведінку даного об'єкта управління.

Всім відомо, що мікроклімат в теплиці (парнику) змінюється залежно від зовнішнього мікроклімату. І, звичайно, основним чинником є температура зовнішнього повітря. За літніх умов без аномалій в природі

температура змінюється плавно і відповідає вимогам щодо її показників в теплиці. На рис. 1 наведено такий приклад для теплої пори року в нашій країні. Проте зимовий період визначається різким зниженням (підвищенням) температури протягом дня.

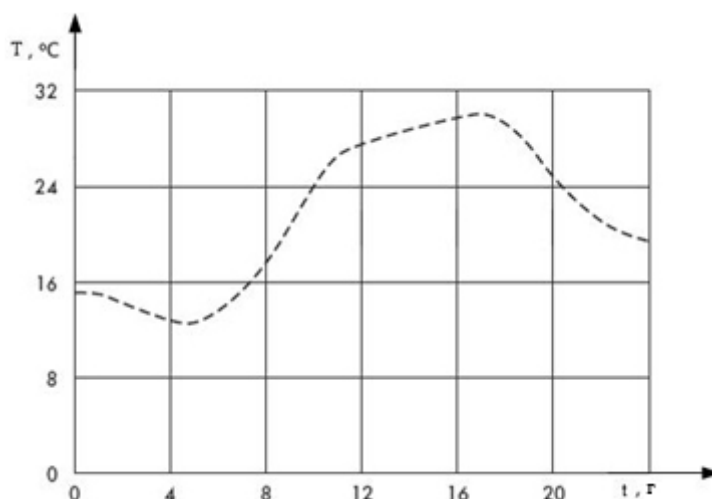


Рис. 1

Аналізуючи характеристики поведінки температури, можна впевнено сказати, що висока точність керування в даній системі не потрібна і період вимірювань може визначатись не мілісекундами, а хвилинами.

Для побудови процедури прийняття рішень визначимо множини вхідних та вихідних величин (X, Y), а також множину сталих величин (Ψ). Представлений до розгляду об'єкт описується наступними вхідними змінними в часі величинами (множина значень X):

- температура повітря внутрішня – T1;
- температура повітря зовнішня – T2;
- температура ґрунту – T3;
- вологість ґрунту – B1;
- вологість повітря – B2;
- освітленість – O;
- час – T.

Управління, тобто вихідні величини, описується множиною Y , що представлена значеннями:

- провітрювання (квартирки) – A;
- провітрювання (вентилятори) – B;
- нагрівання повітря – B;
- нагрівання ґрунту – Г;
- затінення – Д;
- поливання – Е;
- зволоження повітря – Є;
- освітлення – Ж.

До множини констант (Ψ) віднесемо величини, що не змінюються у часі та задаються експертами для певного виду рослин (без їх ініціалізації неможливе правильне функціонування системи):

- температура повітря денна – $T_d^{уст}$;
- температура повітря нічна – $T_n^{уст}$;
- температура ґрунту – $T_3^{уст}$;
- вологість ґрунту – $B_1^{уст}$;
- вологість повітря – $B_2^{уст}$;
- освітленість – $O^{уст}$.

Описані вище множини будемо використовувати при побудові алгоритму управління.

Проблема полягає у побудові системи клауз, яка описує логіку рішень стосовно управління системою теплиць та ефективної процедури виведення, застосування яких дозволить реалізувати управління по відхиленню системою теплиць на базі персонального комп'ютера.

Описання моделі управління у формі клауз

Застосування традиційних числень для розробки алгоритмів програм не досить зручний з точки зору людини, що повинна ставити проблеми та визначати шляхи їх розв'язання. Зокрема, виникають вимоги не тільки сформулювати проблему у вигляді формули, але й явно вказати можливі варіанти декомпозиції проблеми на підпроблеми, визначити ті з них, що мають розв'язок.

Поставленим вимогам відповідає клаузальна форма логіки, для якої характерно подання аксіом та правил виведення в універсальному вигляді за допомогою спеціальної конструкції, відомої як клауза [3].

Для полегшення викладення матеріалу нагадаємо основні поняття клаузальної логіки. Клауза представляється у вигляді $B_1, \dots, B_m \leftarrow A_1, \dots, A_n$, де \leftarrow – символ клаузи, $B_i, i = 1, m, A_i, i = 1, n$ є атомарними формулами. Якщо клауза містить змінні x_1, \dots, x_k , то вона означає: для всіх x_1, \dots, x_k , якщо $A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n$, то $B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_m$.

Для об'єкта, що розглядається, процедура прийняття рішень розділена на декілька підалгоритмів, що зумовлено специфікою функціонування тепличного господарства. Ці підалгоритми складають множину P , яка визначається наступними компонентами:

- період інтенсивного освітлення – $p1$;
- нічний період – $p2$.

Зокрема, підалгоритм $p1 \in P$ додатково характеризується константою $d \in \Psi$ (тривалість режиму роботи) та вхідною величиною $d^{p1} \in X$ (поточна тривалість режиму роботи).

Об'єкти іншого типу можуть керуватись різною кількістю підалгоритмів, що обумовлено їх особливостями.

Правильне функціонування системи визначається множиною перевірок поточних вхідних величин і вибором певного підалгоритму функціонування системи. Приклад словесного опису перевірок подано нижче.

Якщо $O \geq O^{uct} * 0.8$ і поточний алгоритм – $p2$, то застосовуємо поточний алгоритм $p1$.

Якщо $d^{p1} \geq d$ і поточний алгоритм – $p1$, то застосовуємо поточний алгоритм $p2$.

Виразимо описаний вище алгоритм у вигляді множини клауз, що вимагає попередньої формалізації предикатних символів (таблиця 1). Для цього будемо застосовувати вирази природної мови, що полегшить перехід від опису природною мовою предметної області до опису за допомогою формул логіки. Таблиця включає також предикати, що будуть застосовуватись в алгоритмах управління $p1$ та $p2$.

Таблиця

Предикат	Опис
акт(z)	Активний компонент $z \in P \vee Y$
неакт(z)	Неактивний компонент $z \in P \vee Y$
біл_дор(x, ψ)	x більше дорівнює ψ , де $x \in X, \psi \in \Psi$
менше(x, ψ)	x менше ψ , де $x \in X, \psi \in \Psi$
дор(x, ψ)	x дорівнює ψ , де $x \in X, \psi \in \Psi$
вкл(z)	Включити пристрій керування $z \in Y$
викл(z)	Виключити пристрій керування $z \in Y$
збільш(z)	Збільшити потужність пристрою керування $z \in Y$
зменш(z)	Зменшити потужність пристрою керування $z \in Y$

Використовуючи словесний опис вибору підалгоритму функціонування системи, а також предикати (таблиця), побудуємо загальну множину клауз S_1 :

акт(z_1) \leftarrow акт(z_2), біл_дор(x, ψ);

акт(z_2) \leftarrow ;

біл_дор(x, ψ) \leftarrow .

Шляхом підстановок $\{ p1/z_1, p2/z_2, O/x, O^{uct} * 0.8/\psi \}$ та $\{ p2/z_1, p1/z_2, d^{p1}/x, d/\psi \}$ отримаємо першу та другу перевірки відповідно. В процесі функціонування системи множина клауз S_1 може змінювати кількість складових, а саме друга та третя з'являються у випадку їх істинності.

Формалізація алгоритмів управління $p1$ та $p2$ відбувається аналогічно описаній вище послідовності дій, за винятком збільшення кількості клауз в декілька раз. Нижче наведено множину клауз для алгоритму $p1$,

що описує управління за відхиленням [2] в період інтенсивного освітлення функціонування системи. Для клауз наведено коментарії щодо дій, які повинні активуватись.

Освітлення:	вкл(Ж) \leftarrow менше(О, $O^{уст*0,8}$), викл(Д), викл(Ж); викл(Ж) \leftarrow біл_дор(О, $O^{уст}$), вкл(Ж).
Затінення:	вкл(Д) \leftarrow біл_дор(О, $O^{уст*1,2}$), викл(Д), викл(Ж); викл(Д) \leftarrow менше(О, $O^{уст*1,05}$), вкл(Д).
Поливання:	вкл(Е) \leftarrow менше(В1, $B1^{уст*0,8}$).
Зволоження повітря:	вкл(Є) \leftarrow менше(В2, $B2^{уст*0,8}$).
Провітрювання (кватирки):	вкл(А) \leftarrow біл_дор(Т2, $T2^{уст*0,8}$), біл_дор(В2, $B2^{уст}$), біл_дор(Т1, $Tд^{уст}$), викл(А); викл(А) \leftarrow менше(Т1, $Tд^{уст*0,8}$).
Провітрювання (вентилятори):	вкл(Б) \leftarrow вкл(А), біл_дор(В2, $B2^{уст*1,2}$); викл(А) \leftarrow викл(А), менше(В2, $B2^{уст}$).
Нагрівання ґрунту:	збільш(Г) \leftarrow менше(Т3, $T3^{уст*0,95}$); зменш(Г) \leftarrow більш_дор(Т3, $T3^{уст*1,05}$).
Нагрівання повітря:	збільш(В) \leftarrow менше(Т1, $Tд^{уст*0,95}$); зменш(В) \leftarrow більш_дор(Т1, $Tд^{уст*1,05}$).

Клаузи вигляду $A \leftarrow$, які залежать від вхідних даних, ми тут не описуємо.

Множина клауз для алгоритму $p2$ відрізняється тільки відсутністю правил для управління освітленістю та температура повітря підтримується відносно $Tн^{уст}$.

Матрична резолюція

Невід'ємною частиною розробки алгоритму є застосування методу виведення, який дозволяє перевірити суперечливість об'єднання множини побудованих правил із запереченням прогнозованого управління. Зараз питання розробки процедур виведення в зв'язку з розвитком штучного інтелекту набуває особливого значення. Запропоновано багато ефективних методів [5-9], але найбільш простим і дієвим у даному випадку видається матричний метод, запропонований в [4]. Його основна ідея полягає у використанні матричного представлення вихідних даних і реалізації резолютивного методу у вигляді операції множення матриць.

Пояснимо можливість застосування концепції матричного методу для управління теплицями на численні висловлювань. Ідея полягає у використанні матричного представлення вихідних даних і реалізації резолютивного методу у вигляді операції множення матриць. Спочатку розглянемо декілька прикладів.

Приклад 1. Нехай маємо клаузу $A \leftarrow$ і необхідно обґрунтувати, що A є її логічним наслідком. Тоді додаємо клаузу $\leftarrow A$ і намагаємося вивести порожню клаузу. Зрозуміло, що це можна зробити за допомогою одного застосування правила резолюції, резольвентою якої і буде порожня клауза. Але нам необхідно отримати підтвердження, що це можна здійснити за допомогою множення матриць. Такі матриці, очевидно, повинні мати стовпець і рядок для кожного літерала, а елемент на перетині рядка i та стовпця j буде мати ненульове значення лише тоді, коли знайдеться клауза, у безумовній частині якої знаходиться літерал рядка i , а умовна частина містить літерал стовпця j . Для нашого прикладу маємо:

$$\begin{array}{cc}
 \diamond A & \diamond A \\
 M = \diamond \begin{array}{cc} 0 & 1 \end{array}, M^2 = \diamond \begin{array}{cc} 1 & 0 \end{array} \\
 A \begin{array}{cc} 1 & 0 \end{array} & A \begin{array}{cc} 0 & 1 \end{array}
 \end{array}$$

З огляду на суперечливість клауз видається, що можливою ознакою суперечливості у матричному варіанті є наявність ненульової головної діагоналі у матриці M^p , де $p = 2$. Далі доведемо, що ця ознака є необхідною і достатньою, а зараз розглянемо декілька корисних для доведення прикладів, розглянувши різні форми клауз.

Приклад 2. Нехай маємо множини клауз $A \leftarrow B$; $B \leftarrow C$; $C \leftarrow$ і необхідно обґрунтувати, що A є їх логічним наслідком. Тоді додаємо клаузу $\leftarrow A$ і намагаємося вивести порожню клаузу. Зрозуміло, що це можна зробити за допомогою трьох застосувань правила резолюції, останньою резольвентою яких і буде порожня клауза. Але нам необхідно отримати підтвердження запропонованої вище ознаки суперечливості для множення матриць. Отже, маємо:

$$\begin{array}{cccc}
 \diamond & A & B & C \\
 \diamond & 0 & 0 & 0 & 1 & \diamond & 0 & 0 & 1 & 0 & \diamond & 0 & 1 & 0 & 0 & \diamond & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 M = A & 1 & 0 & 0 & 0, M^2 = A & 0 & 0 & 0 & 1, M^3 = A & 0 & 0 & 1 & 0, M^4 = A & 0 & 1 & 0 & 0. \\
 B & 0 & 1 & 0 & 0 & B & 1 & 0 & 0 & 0 & B & 0 & 0 & 0 & 1 & B & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 C & 0 & 0 & 1 & 0 & C & 0 & 1 & 0 & 0 & C & 1 & 0 & 0 & 0 & C & 0 & 0 & 0 & 1
 \end{array}$$

З огляду на суперечливість множини клауз можлива ознака суперечливості у матричному варіанті – наявність ненульової головної діагоналі у матриці M^p , де $p = 4$, – підтверджується.

Приклад 3. Нехай маємо множини клауз $A \leftarrow B, C; B \leftarrow; C \leftarrow$ і необхідно обґрунтувати, що A є їх логічним наслідком. Тоді додаємо клаузу $\leftarrow A$ і намагаємося вивести порожню клаузу. Зрозуміло, що це можна зробити за допомогою трьох застосувань правила резолюції, останньою резолювентою яких і буде порожня клауза. Але нам необхідно отримати підтвердження запропонованої вище ознаки суперечливості для множення матриць. Отже, маємо:

$$\begin{array}{cccc}
 \diamond & A & B & C \\
 \diamond & 0 & 0 & 1 & 1 & \diamond & 0 & 2 & 0 & 0 & \diamond & 2 & 0 & 0 & 0 \\
 M = A & 1 & 0 & 0 & 0, M^2 = A & 0 & 1 & 0 & 0, M^3 = A & 0 & 2 & 0 & 0. \\
 B & 0 & 1 & 0 & 0 & B & 0 & 0 & 1 & 0 & B & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 C & 0 & 1 & 0 & 0 & C & 0 & 0 & 0 & 1 & C & 0 & 0 & 1 & 1
 \end{array}$$

З огляду на суперечливість клауз можлива ознака суперечливості у матричному варіанті – наявність ненульової головної діагоналі у матриці M^p , де $p = 3$, – підтверджується.

Приклад 4. Нехай маємо множини клауз $A \leftarrow B, C; B \leftarrow; C \leftarrow; D \leftarrow$ і необхідно обґрунтувати, що A є їх логічним наслідком. Тоді додаємо клаузу $\leftarrow A$ і намагаємося вивести порожню клаузу. Зрозуміло, що це можна зробити за допомогою трьох застосувань правила резолюції, останньою резолювентою яких і буде порожня клауза. Зрозуміло, що клауза $D \leftarrow$ в виведенні не застосовується. Тоді можемо з матриці вилучити відповідні рядок та стовпець. Тепер отримаємо підтвердження запропонованої вище ознаки суперечливості для множення матриць. Отже, маємо:

$$\begin{array}{cccc}
 \diamond & A & B & C & D \\
 \diamond & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & \diamond & 0 & 0 & 1 & 1 & \diamond & 0 & 2 & 0 & 0 & \diamond & 2 & 0 & 0 & 0 \\
 M = A & 1 & 0 & 0 & 0 & 0, M = A & 1 & 0 & 0 & 0, M^2 = A & 0 & 0 & 1 & 1, M^3 = A & 0 & 2 & 0 & 0. \\
 B & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & B & 0 & 1 & 0 & 0 & B & 1 & 0 & 0 & 0 & B & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 C & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & C & 0 & 1 & 0 & 0 & C & 1 & 0 & 0 & 0 & C & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 D & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{array}$$

Випадок з викреслюванням рядків і стовпців можна узагальнити.

Правило А. Якщо в матриці є нульовий рядок, то вилучаємо його з матриці разом з відповідним стовпцем.

Приклад 5. Нехай маємо множини клауз $A \leftarrow B, C, D; A \leftarrow B, C; B \leftarrow; C \leftarrow$ і необхідно обґрунтувати, що A є їх логічним наслідком. Додаємо клаузу $\leftarrow A$ і намагаємося вивести порожню клаузу. Зрозуміло, що це можна зробити за допомогою трьох застосувань правила резолюції, останньою резолювентою яких і буде порожня клауза. Зрозуміло, що клауза $A \leftarrow B, C, D$ у виведенні не застосовується. Тоді можемо її вилучити і тільки після цього будувати матрицю. Тепер отримаємо підтвердження запропонованої вище ознаки суперечливості для множення матриць. Отже, маємо:

$$\begin{array}{cccc}
 \diamond & A & B & C & D \\
 \diamond & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \diamond & A & B & C \\
 M = A & 1 & 0 & 0 & 0 & 0, M = A & 1 & 0 & 0 & 0. \\
 B & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & B & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 C & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & C & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 D & 0 & 1 & 0 & 0 & 0
 \end{array}$$

Отримуємо випадок, розглянутий у попередньому прикладі, тобто ознака підтверджується.

Випадок з викреслюванням рядків і стовпців можна узагальнити.

Правило В. Якщо в матриці є порожні стовпці, то вилучаємо відповідні клаузи і після цього застосовуємо правило А.

І, насамкінець, розглянемо контрприклад.

Приклад 6. Нехай маємо множини клауз $B \leftarrow; C \leftarrow$ і необхідно обґрунтувати, що A є їх логічним наслідком. Тоді додаємо клаузу $\leftarrow A$ і намагаємося вивести порожню клаузу. Зрозуміло, що цього не можна

зробити за допомогою застосувань правила резолюції. Але нам необхідно отримати підтвердження запропонованої вище ознаки суперечливості для множення матриць. Отже, маємо, враховуючи правило A:

$$\begin{array}{cccc}
 \diamond & A & B & C \\
 \diamond & 0 & 0 & 1 & 1 & \diamond & A & \diamond & A \\
 M = A & 1 & 0 & 0 & 0, & M = \diamond & 0 & 0, & M^2 = \diamond & 0 & 0. \\
 B & 0 & 0 & 0 & 0 & A & 1 & 0 & A & 0 & 0 \\
 C & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & &
 \end{array}$$

Таким чином, матричний метод підтверджує, що множина клауз не суперечлива. Тепер опишемо власне процедуру *Matrix-deduction* виведення матричного методу.

Крок 1. Будуємо матрицю M для вихідної множини клауз.

Крок 2. Застосовуємо правило A до матриці M .

Крок 3. Застосовуємо правило B до матриці M .

Крок 4. За необхідності повертаємося на крок 2, інакше $p = 1$ і переходимо на крок 5.

Крок 5. Отримуємо матрицю M^p . Якщо виконується ознака суперечливості або супротивного випадку, то виходимо із процедури, інакше $p = p + 1$ і повторюємо крок 5.

В праці [4] обґрунтована правомірність застосування зазначеної ознаки, оскільки доведена теорема, яка стверджує, що множина клауз S суперечлива тоді і тільки тоді, коли застосування процедури *Matrix-deduction* приводить до побудови матриці M^p з ненульовою головною діагоналлю.

Застосуємо зазначений вище метод виведення для доведення того, що клауза акт(z_1) є логічним наслідком множини клауз S_1 при підстановці $\{ p1/z_1, p2/z_2, O/x, O^{uct}*0.8/\psi \}$:

$$\text{акт}(p_1) \leftarrow \text{акт}(p_2), \text{біл_дор}(O, O^{uct}*0.8);$$

$$\text{акт}(p_2) \leftarrow;$$

$$\text{біл_дор}(O, O^{uct}*0.8) \leftarrow;$$

$$\leftarrow \text{акт}(p_1).$$

Вихідну матрицю M побудовано відповідно до правил матричної резолюції:

$$\begin{array}{cccc}
 & & \diamond & \text{акт}(p_1) & \text{акт}(p_2) & \text{біл_дор}(O, O^{uct} * 0,8) \\
 & \diamond & & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 M = & \text{акт}(p_1) & & 0 & 0 & 1 & 1 & ; \\
 & \text{акт}(p_2) & & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 & \text{біл_дор}(O, O^{uct} * 0,8) & & 1 & 0 & 0 & 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc}
 & & \diamond & \text{акт}(p_1) & \text{акт}(p_2) & \text{біл_дор}(O, O^{uct} * 0,8) \\
 & \diamond & & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 M^2 = & \text{акт}(p_1) & & 2 & 0 & 0 & 0 & ; \\
 & \text{акт}(p_2) & & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 & \text{біл_дор}(O, O^{uct} * 0,8) & & 0 & 1 & 0 & 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc}
 & & \diamond & \text{акт}(p_1) & \text{акт}(p_2) & \text{біл_дор}(O, O^{uct} * 0,8) \\
 & \diamond & & 2 & 0 & 0 & 0 \\
 M^3 = & \text{акт}(p_1) & & 0 & 2 & 0 & 0 & . \\
 & \text{акт}(p_2) & & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 & \text{біл_дор}(O, O^{uct} * 0,8) & & 0 & 0 & 1 & 1
 \end{array}$$

Перемноження матриці M приводить до підтвердження суперечливості висхідної множини клауз S_1 при $p = 3$, що доводить поставлені вище припущення про логічний наслідок множини S_1 .

На основі статистичних даних будемо прогнозувати подальшу дію системи, що дозволить досить просто визначати можливу дію прив'язано до часу доби або пори року, а потім перевіряти її правильність за допомогою матричного методу. У випадках, коли природа „заперечує” усталений хід речей, знадобляться додаткові перевірки.

Програмно-апаратна реалізація підходу

Структура автоматичної системи управління (АСУ) визначається сферою функціонування об'єкта управління (ОУ) (промисловість, будівництво, транспорт, аграрне господарство тощо), а також типом керованого процесу (технологічний, організаційний, економічний тощо). Загалом, система управління включає в себе програмні та технічні засоби реалізації управління заданим ОУ.

Зокрема, ОУ (теплиця), що розглядається, розташований на площі великого розміру і вимагає територіального розподілення технічних засобів автоматизації та використання локальної мережі для передачі даних між елементами системи.

Вимоги щодо швидкості передачі даних в мережі АСУ для об'єктів з повільною зміною параметрів у часі не є високими. Суттєвими обмеженнями при побудові такої мережі виступає довжина каналу зв'язку, а також кількість компонентів, що беруть участь в обміні інформацією. Нас цікавить мережа з детермінованим доступом та централізованим управлінням, тобто з одним головним вузлом, яким може бути центральний комп'ютер.

На даному етапі розвитку промислових мереж існує великий вибір різноманітних мережевих технологій. Система, що розглядається, може бути побудована на основі протоколу ProfiBus-DP. Він забезпечує реалізацію детермінованої (за принципом „питання-відповідь”) розподіленої системи збору даних з одним головним вузлом. Фізичне середовище – екранована кручена пара стандарту RS-485, що забезпечує максимальну довжину моноканалу передачі до 1200 м при швидкості 93,75 Кбіт/с та кількість вузлів до 32 в кожному сегменті.

Структура такої системи зображена на рис. 2 та включає наступні компоненти:

- *робоча станція*. Виступає центральним вузлом управління та виконує одночасно ролі операторського вузла (з програмою управління об'єктом) та шлюзового програмованого мікроконтролера. Для забезпечення таких функцій робоча станція (персональний комп'ютер) повинна включати мастер-карту ProfiBus-DP. Програма управління реалізує зазначені вище алгоритми, при цьому уникаємо застосування потужних SCADA-систем;
- *пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО)*. Спеціалізований пристрій для зв'язку безпосередньо з об'єктом управління (наприклад, WAGO I/O). Забезпечує перетворення інформації від ОУ, формування даних для передачі та отримує команди з локальної мережі від ведучого процесора;
- *об'єктом управління (ОУ)* виступає сама теплиця або її частини з характеристиками, що контролюються. Для даної структури таких компонентів може бути до 32 (як зазначалось вище). Наприклад, в господарстві застосовується декілька парників та теплиця з різними культурами.

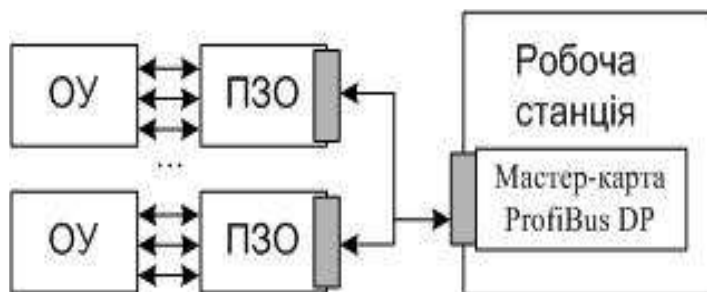


Рис. 2

Обмін в мережі відбувається по маркеру мастер-карти робочої станції. При цьому робоча станція формує пакети для модулів управління кожного ПЗО і приймає пакети від них. Така конфігурація системи дозволяє зменшити затрати на її побудову, проте не забезпечує управління в реальному часі. Тому область об'єктів управління, що дозволяють таке керування, обмежена. В нашому випадку таке застосування правомірне з огляду на поведінку ОУ.

Висновки

У статті розглянуто проблему здешевлення управління теплицями. Запропоновано використання в управлінні засобів клаузальної логіки, а саме матричної резолюції як способу виявлення дій системи. Зокрема, описується апаратна частина реалізації системи. Подальше дослідження пов'язане з визначенням області об'єктів для розглянутого керування, а також виявлення залежності їх показників від параметрів функціонування системи.

1. Павлов А.А., Теленик С.Ф. Адаптивные технологии и алгоритмизация в системах управления. – Киев: Техника, 2003. – 340 с.
2. Дорф Р., Бишон Р. Современные системы управления: Пер. с англ. Б.И.Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 832 с.
3. Ковальски Р. Логика в решении проблем. – М.: Наука, 1990. – 280 с.

4. С.Ф. Теленик, О.А. Амонс, Р.В. Смічник, В.С.Хмелюк / Матрична резолюція для клаузальної логіки // Вісник ХНАДУ. – Вип. 30, 2005. – С. 83 – 86.
5. Bibel W. Deduction: Automated logic. – London: Academic Press, 1993. – 368 p.
6. Bibel W. Let's plan it deductively! // Artificial Intelligence. – 1998. vol. 103. – P.183-208.
7. Proc. the 14th Nat. Conf. on Artificial Intelligence AAAI-97, Providence, RI, 1997 / (Eds.) B.Kupers, B.Webber. – Cambridge, MA: MIT Press, 1997. – 2200 p.
8. Proc. the Intern. Conf. on Automated Deduction / (Eds.) M.McRobbie, J.Slaney. // Lecture Notes in Artificial Intelligence. – 1996. – Vol. 1104. – 980 p.
9. Proc. the Intern. Conf. on Logic Programming. – Cambridge, MA: MIT Press, 1995. – 536 p.