

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ

Кафедра «Інформаційні системи в економіці»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ
«МАТЕМАТИЧНІ ЗАСОБИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ
6.030502 «ЕКОНОМІЧНА КІБЕРНЕТИКА»)**

07/49 – 2012-06

Горлівка – 2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ

«ЗАВЕРДЖУЮ»
Директор АДІ ДВНЗ «ДонНТУ»
М.М. Чальцев

Кафедра «Інформаційні системи в економіці»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ
«МАТЕМАТИЧНІ ЗАСОБИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ
6.030502 «ЕКОНОМІЧНА КІБЕРНЕТИКА»)**

07/49 – 2012-06

«РЕКОМЕНДОВАНО»
Навчально-методична комісія
факультету
«Економіка та управління»
протокол № 3 від 21.12.2011 р.

«РЕКОМЕНДОВАНО»
Кафедра
«Інформаційні системи в економіці»
протокол № 4 від 25.11.2011 р.

УДК 681.32 (07)

Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Математичні засоби штучного інтелекту» (для студентів напряму 6.030502 «Економічна кібернетика») [Електронний ресурс] / укладачі.: В. Л. Ніколаєнко, Д. В. Ніколаєнко – Електрон. дані. – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2012. – 1 електрон. опт. диск (CD-R); 12 см. – Систем. вимоги: Pentium; 32 MB RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 2000. – Назва з титул. екрану.

Наведені вимоги щодо оформлення звіту про виконання курсової роботи з дисципліни «Математичні засоби штучного інтелекту», порядок виконання курсової роботи. Також наведено необхідні теоретичні відомості алгебро-логічного моделювання систем. Основні етапи аналізу й моделювання систем проілюстровано спеціально підібраними прикладами. Методичні вказівки націлено на практичне засвоєння теоретичних положень алгебро-логічного моделювання систем.

Укладачі:

Ніколаєнко В. Л., к.т.н., доц.
Ніколаєнко Д. В, асистент

Відповідальний за випуск:

Ніколаєнко В. Л., к.т.н., доц,

Рецензент:

Вовк Л. П., д.т.н., проф.
каф. «Вища математика»

© Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут, 2012

ЕЛЕКТРОННЕ НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Ніколаєнко Володимир Леонідович
Ніколаєнко Дмитро Володимирович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ
«МАТЕМАТИЧНІ ЗАСОБИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ
6.030502 «ЕКОНОМІЧНА КІБЕРНЕТИКА»)

Підписано до випуску 2012 р. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркуш. Зам. № .

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51
E-mail: druknf@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09. 2007 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
1 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБІТ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ	6
1.1 Рубрикація файлу звіту	6
1.2 Порядок виконання робіт	7
2 ПРИКЛАД МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМ	8
2.1 Формулювання задачі	8
2.2 Формалізація й побудова математичних моделей	10
2.3 Дослідження моделі	17
2.3.1 Отримання та інтерпретація рішень	17
2.3.2 Перевірка адекватності моделі	26
ДОДАТОК А Тотожності алгебри логіки	27
ДОДАТОК Б Таблиці істинності логічних операцій	28

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ФАЛ	формула алгебри логіки
ДНФ	диз'юнктивна нормальна форма
КНФ	кон'юнктивна нормальна форма
ДДНФ	досконала диз'юнктивна нормальна форма
ДКНФ	досконала кон'юнктивна нормальна форма
АКП	алгебра кінцевих предикатів
ФАП	формула алгебри предикатів
ФАКП	формула алгебри кінцевих предикатів
КАО	кінцевий алфавітний оператор
АО	алфавітний оператор
СРАП	система рівнянь алгебри предикатів
ТабЗн	таблиця значень
ТабІстін	таблиця істинності

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Математичні засоби штучного інтелекту» є надбання необхідних знань спеціальних розділів математики – математичної логіки, алгебри предикатів і, нарешті, алгебри кінцевих предикатів, які використовуються при побудові математичних моделей станів, сценаріїв і прецедентів економічних систем у вигляді рівнянь алгебри кінцевих предикатів, вирішення яких змістовно інтерпретуються як елементи потоку управління системи, реалізація яких переводить систему з одного її стану в інший.

Предметом вивчення дисципліни є явища економічних систем, представлені у вигляді рівнянь алгебри кінцевих предикатів.

При виконанні індивідуальних завдань курсової роботи студенти набувають практичних навичок математичного моделювання шляхом використання математичного апарату алгебри кінцевих предикатів. Також набувають практичних навичок у визначенні елементів «Законодавчого поля системи»», визначенні елементів «Сенсорного поля системи»». Як один з результатів об'єктного моделювання системи отримують проекцію системи в простір станів, що надає можливість перейти до формулювання завдання, формалізації й побудови математичних моделей. При виконанні дослідження моделей, студенти отримують рішення алгебро-логічних рівнянь, виконують їх змістовну інтерпретацію. Набувають навичок перевірки адекватності моделей і оформлення звіту з виконаної роботи за умовами оформлення звіту з дипломної роботи.

В результаті виконання завдань курсової роботи студенти повинні засвоїти основні поняття математичної логіки, алгебри кінцевих предикатів, вміти використовувати набуті знання при побудові математичних моделей станів, сценаріїв і прецедентів економічних систем, отриманих розв'язок і їх змістовної інтерпретації.

1 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБІТ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт про виконані роботи складається з текстового файлу звіту MatSrII KursRabota Ek_00a Sidorov I.P. Report.doc.

Жорстка копія текстового файлу звіту складається з роздрукованих на принтері титульного аркуша й аркуша завдань.

1.1 Рубрикація файлу звіту

ВВЕДЕННЯ

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ АНАЛІЗУ І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

1.1 Актуальність моделювання потоку управління систем

1.2 Критика існуючих методів аналізу і моделювання

1.3 Недоліки існуючих методів

1.4 Обґрунтування алгебро-логічного моделювання

2 МЕТОДОЛОГІЯ, МЕТОДИКА І ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМ

3 МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМ

3.1 Формулювання задачі

3.2 Формалізація і побудова математичних моделей

3.3 Дослідження моделі

3.3.1 Отримання та інтерпретація рішень

3.3.2 Перевірка адекватності моделі

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТОК А «Законодавче поле системи»

ДОДАТОК Б «Сенсорне поле системи»

ДОДАТОК В «Код програмної моделі системи»

ДОДАТОК Г «Словник термінів»

ДОДАТОК Д «Банк цитат»

1.2 Порядок виконання робіт

Крок 1 «Отримання завдання»

Індивідуальні завдання відповідно варіанту слід отримати у викладача.

Крок 2 «Побудова фрагмента дерева каталогів»

Е:

```
|_Student
```

```
  |_Ек_00a
```

```
    |_Sidorov I.P.
```

```
      |_MatSrII
```

```
        |_MatSrII KursRabota Ek_00a Sidorov I.P. Report.doc
```

Крок 03 «Підготовка шаблону файлу звіту»

Крок 04 «Огляд методів аналізу і моделювання систем»

Крок 05 «Визначення елементів «Словника термінів»

Крок 06 «Визначення елементів «Банку цитат»

Крок 07 «Визначення елементів «Законодавчого поля системи»

Крок 08 «Визначення елементів «Сенсорного поля системи»

Крок 09 «Проекція системи в простір станів»

Крок 10 «Формулювання завдання»

Крок 11 «Формалізація і побудова математичних моделей»

Крок 12 «Дослідження моделей»

Крок 13 «Отримання та інтерпретація рішень»

Крок 15 «Перевірка адекватності моделей»

Крок 16 «Оформлення файлу звіту»

2 ПРИКЛАД МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМ

2.1 Формулювання задачі

У цьому параграфі розглянемо питання математичного моделювання станів системи, сценаріїв і побудову математичних моделей прецеденту системи з метою отримання рішень рівнянь алгебри кінцевих предикатів, що асоціюються з елементами потоку управління.

Нехай у результаті об'єктного аналізу деякої системи «МСТ», отримані діаграми станів системи для основного й альтернативних сценаріїв – «Не виконано план виробництва» і «Недостатньо коштів для виплати зарплати» прецеденту «Розподілити ФОТ». Так як кожний стан системи – це одночасно і стан кожного із об'єктів, що характеризують систему, можна казати, що зміна стану одного з об'єктів призведе до зміни й усього стану системи, внаслідок керуючих впливів.

Аналіз поведінки системи не обмежується описом станів об'єктів. Він був би не повним без представлення станів самої системи, що змінюють один одного в процесі її функціонування. У зв'язку з цим побудуємо діаграму станів деякої системи «МСТ».

Кожен стан системи є комбінацією активних і пасивних станів об'єктів, які набувають і втрачають фокуси управління в процесі реалізації сценарію. Об'єктний наліз системи, в тому числі, аналіз діаграм послідовностей подій об'єктної моделі дозволяє побудувати діаграми станів системи для основного і альтернативного сценаріїв. На рисунку 2.1 представлена діаграма станів системи для основного сценарію прецеденту «Розподілити ФОТ».

На рисунках 2.2–2.3 наведені діаграми станів системи для альтернативних сценаріїв «Не виконано план виробництва» і «Недостатньо коштів для виплати зарплати».

Таким чином, шляхом проведення об'єктного аналізу системи «Матеріальне стимулювання праці» побудована її об'єктна модель, яка характеризує досліджувану систему в двох аспектах: структура і поведінка. Об'єктна модель адекватна реальній системі з точністю до числа сценаріїв реальної системи взятих до розгляду.

Отримані проекції системи простір станів для різних сценаріїв дозволяють перейти до питання формалізації і математичного моделювання потоку управління системи у вигляді рівнянь алгебри кінцевих предикатів.

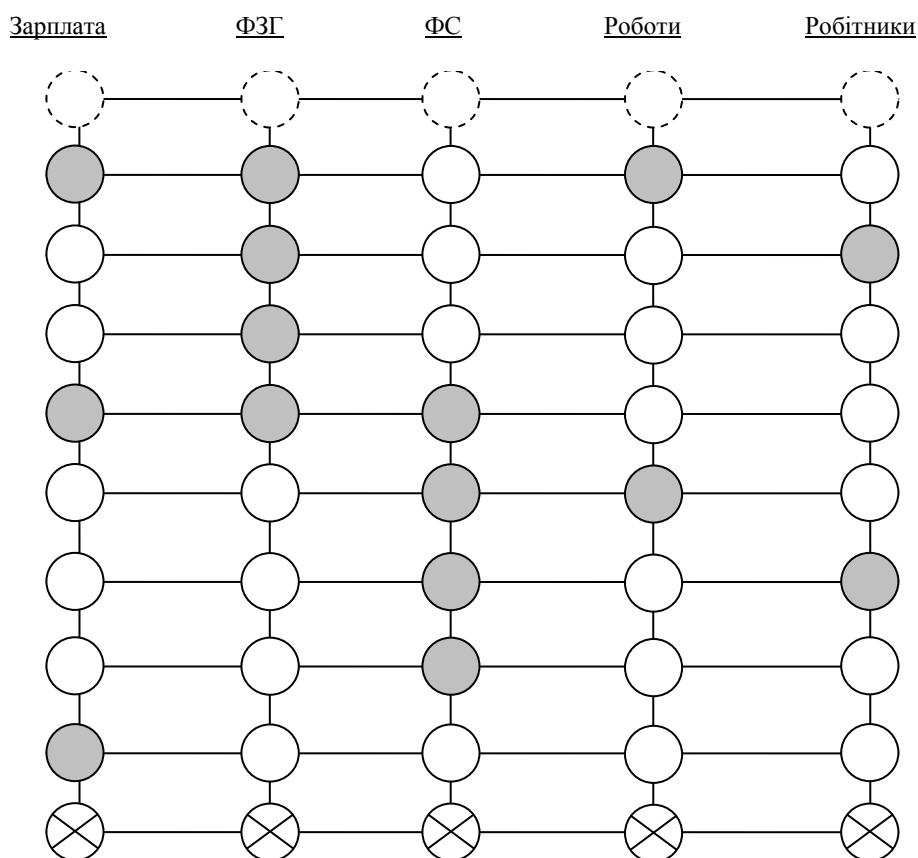


Рисунок 2.1 – Діаграма станів системи основного сценарію

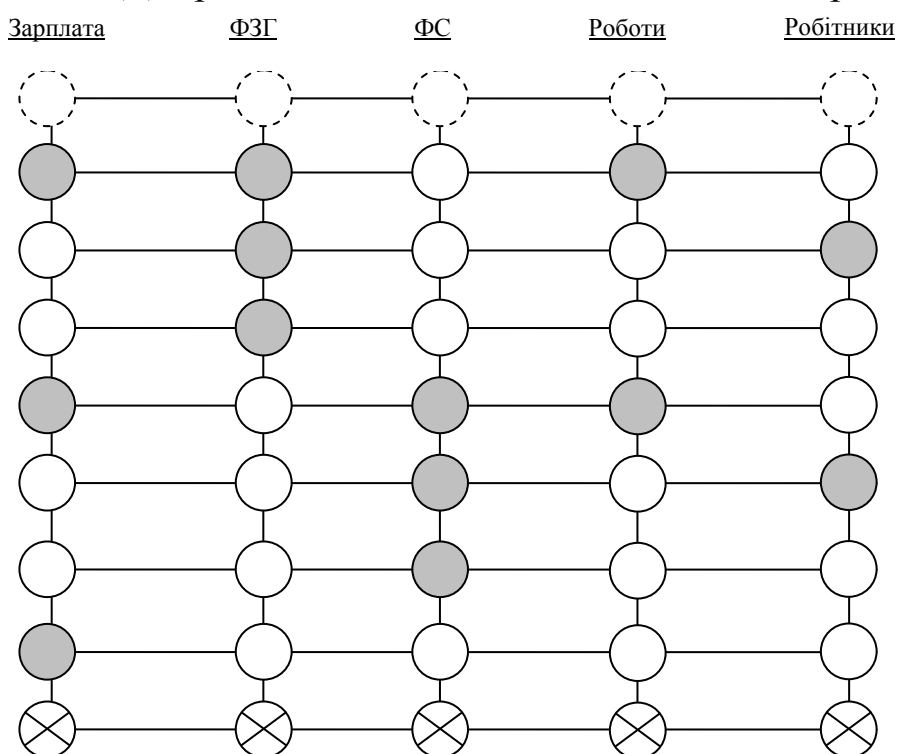


Рисунок 2.2 – Діаграма станів сценарію «Не виконано план виробництва»

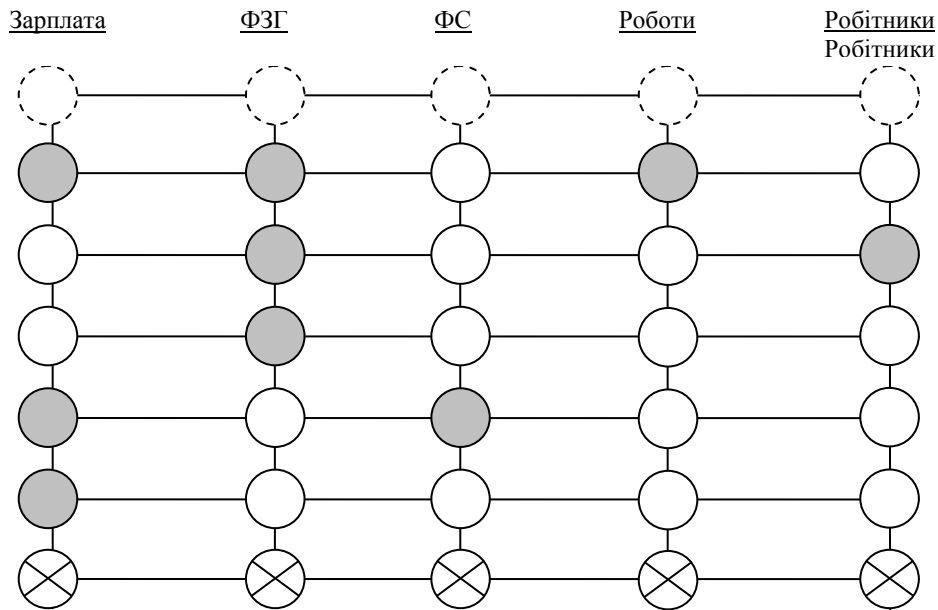


Рисунок 2.3 – Діаграма станів сценарію «Недостатньо коштів для виплати зарплати»

Постановка задачі

Є множина станів системи, як сукупність станів об'єктів системи – початкового стану об'єкта, активного, пасивного й кінцевого. Передбачається, що кількість станів системи кінцева та існує як завгодно малий інтервал часу переходу системи з одного стану до іншого. Використовуючи поняття універсальної алгебри кінцевих предикатів, побудувати математичні моделі станів системи, сценаріїв і прецеденту у вигляді рівнянь алгебри кінцевих предикатів довільного порядку.

[2.2 Формалізація й побудова математичних моделей](#)

Побудуємо математичні моделі станів системи для основного сценарію прецеденту «Розподілити ФОТ» (див. рис. 2.1). Для даного сценарію введемо множину букв:

$$A = \{a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,m}, a_{2,1}, a_{2,2}, \dots, a_{2,m}, \dots, a_{n,1}, a_{n,2}, \dots, a_{n,m}\}, \quad (2.1)$$

де перший індекс – це номер об'єкту, а другий індекс – це номер стану об'єкту, n – число об'єктів сценарію, m – число станів системи.

Змістовна інтерпретація станів об'єктів сценарію:

- $a_{1,1}$ – стан подачі заявки на розподіл «ФЗП»;
- $a_{1,4}$ – стан подачі заявки на розподіл «ФС»;
- $a_{1,8}$ – стан розрахунку «ЗП»;
- $a_{2,1}$ – стан запиту «ГарСт»;
- $a_{2,2}$ – стан запиту «ВихФ», «КТУ»
- $a_{2,3}$ – стан розподілу «ФЗП»;
- $a_{2,4}$ – стан передачі розміру «ФЗП»;
- $a_{3,4}$ – стан запиту розміру «ФЗП»;
- $a_{3,5}$ – стан запиту «ГарСт», «ВихПлан»;
- $a_{3,6}$ – стан запиту «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{3,7}$ – стан розподілу «ФС»;
- $a_{4,1}$ – стан подачі відомостей про роботи у «ФЗП»;
- $a_{4,5}$ – стан подачі відомостей про роботи у «ФС»;
- $a_{5,2}$ – стан подачі відомостей про працівників у «ФЗП»;
- $a_{5,6}$ – стан подачі відомостей про працівників у «ФС».

Таким чином, для даної задачі $n = 5$, $m = 8$.

Введемо множину змінних відповідно об'єктам сценарію:

$$B = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}. \quad (2.2)$$

Вкажемо області визначення введених змінних:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,m}\} \\ x_2 &\in \{a_{2,1}, a_{2,2}, \dots, a_{2,m}\} \\ &\dots \\ x_n &\in \{a_{n,1}, a_{n,2}, \dots, a_{n,m}\} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Запишемо закони істинності для введених змінних у термінах алгебри кінцевих предикатів:

$$\begin{aligned} \bigvee_{j=1}^m x_1^{a_{1,j}} &= 1, \\ \dots & \\ \bigvee_{j=1}^m x_n^{a_{n,j}} &= 1. \end{aligned} \tag{2.4}$$

Виходячи з діаграми станів системи даного сценарію, для активних станів об'єктів системи складемо кон'юнкцію предикатів пізнавання станів об'єктів для кожного стану системи i , прирівнявши її до одиниці, отримаємо математичні моделі станів системи у вигляді рівнянь алгебри кінцевих предикатів.

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1^{a_{1,1}} \wedge x_2^{a_{2,1}} \wedge x_4^{a_{4,1}} = 1, \\ x_2^{a_{2,2}} \wedge x_5^{a_{5,2}} = 1, \\ x_2^{a_{2,3}} = 1, \\ x_1^{a_{1,4}} \wedge x_2^{a_{2,4}} \wedge x_3^{a_{3,4}} = 1, \\ x_3^{a_{3,5}} \wedge x_4^{a_{4,5}} = 1, \\ x_3^{a_{3,6}} \wedge x_5^{a_{5,6}} = 1, \\ x_3^{a_{3,7}} = 1, \\ x_1^{a_{1,8}} = 1. \end{array} \right. \tag{2.5}$$

Для активних станів об'єктів виконаємо змістовне асоціювання показників пізнавання предикатів (як елементів потоку управління) з елементами потоку подій:

- $a_{1,1}$ – подати заявку на розподіл «ФЗП»;
- $a_{1,4}$ – подати заявку на розподіл «ФС»;
- $a_{1,8}$ – розрахувати «ЗП»;
- $a_{2,1}$ – запитати «ТарСт»;
- $a_{2,2}$ – запитати «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{2,3}$ – розподілити «ФЗП»;
- $a_{2,4}$ – передати розмір «ФЗП»;
- $a_{3,4}$ – запитати розмір «ФЗП»;
- $a_{3,5}$ – запитати «ТарСт», «ВихПлан» ;

- $a_{3,6}$ – запитати «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{3,7}$ – розподілити «ФС»;
- $a_{4,1}$ – подати відомості про роботи у «ФЗП»;
- $a_{4,5}$ – подати відомості про роботи у «ФС»;
- $a_{5,2}$ – подати відомості про працівників у «ФЗП»;
- $a_{5,6}$ – подати відомості про працівників у «ФС».

Міркуючи аналогічно, побудуємо модель станів системи в альтернативному сценарії «Не виконано план виробництва» (див. рис. 2.2). Для даного сценарію введемо множину букв:

$$A = \{a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,m}, a_{2,1}, a_{2,2}, \dots, a_{2,m}, \dots, a_{n,1}, a_{n,2}, \dots, a_{n,m}\}, \quad (2.6)$$

де перший індекс – це номер об'єкту, а другий індекс – це номер стану об'єкту, n – число об'єктів сценарію, m – число станів системи.

Змістовна інтерпретація станів об'єктів сценарію.

- $a_{1,1}$ – стан подачі заявки на розподіл «ФЗП»;
- $a_{1,4}$ – стан подачі заявки на розподіл «ФС»;
- $a_{1,7}$ – стан розрахунку «ЗП»;
- $a_{2,1}$ – стан запити «ТарСт»;
- $a_{2,2}$ – стан запити «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{2,3}$ – стан розподілу «ФЗП»;
- $a_{3,4}$ – стан запити «ТарСт», «ВихПлан»;
- $a_{3,5}$ – стан запити «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{3,6}$ – стан розподілу «ФС»;
- $a_{4,1}$ – стан подачі відомостей про роботи у «ФЗП»;
- $a_{4,4}$ – стан подачі відомостей про роботи у «ФС»;
- $a_{5,2}$ – стан подачі відомостей про працівників у «ФЗП»;
- $a_{5,5}$ – стан подачі відомостей про працівників у «ФС».

Таким чином, для даної задачі $n = 5$, $m = 7$.

Введемо множину змінних відповідно об'єктам сценарію:

$$B = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}. \quad (2.7)$$

Вкажемо області визначення введених змінних:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,m}\}, \\ x_2 &\in \{a_{2,1}, a_{2,2}, \dots, a_{2,m}\}, \\ &\dots \\ x_n &\in \{a_{n,1}, a_{n,2}, \dots, a_{n,m}\}, \end{aligned} \quad (2.8)$$

Запишемо закони істинності для введених змінних в термінах алгебри кінцевих предикатів:

$$\begin{aligned} \bigvee_{j=1}^m x_1^{a_{1,j}} &= 1, \\ &\dots \\ \bigvee_{j=1}^m x_n^{a_{n,j}} &= 1. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Виходячи з діаграми станів системи даного сценарію, для активних станів об'єктів системи складемо кон'юнкцію предикатів пізнання станів об'єктів для кожного стану системи і, прирівнявши її до одиниці, отримаємо математичні моделі станів системи у вигляді рівнянь алгебри кінцевих предикатів.

$$\left\{ \begin{aligned} x_1^{a_{1,1}} \wedge x_2^{a_{2,1}} \wedge x_4^{a_{4,1}} &= 1, \\ x_2^{a_{2,2}} \wedge x_5^{a_{5,2}} &= 1, \\ x_2^{a_{2,3}} &= 1, \\ x_1^{a_{1,4}} \wedge x_3^{a_{3,4}} \wedge x_4^{a_{4,4}} &= 1, \\ x_3^{a_{3,5}} \wedge x_5^{a_{5,5}} &= 1, \\ x_3^{a_{3,6}} &= 1, \\ x_1^{a_{1,7}} &= 1. \end{aligned} \right. \quad (2.10)$$

Для активних станів об'єктів виконаємо змістовне асоціювання показників пізнання предикатів (як елементів потоку управління) з елементами потоку подій:

- $a_{1,1}$ – подати заявку на розподіл «ФЗП»;
- $a_{1,4}$ – подати заявку на розподіл «ФС»;
- $a_{1,7}$ – розрахувати «ЗП»;
- $a_{2,1}$ – запитати «ТарСт»;
- $a_{2,2}$ – запитати «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{2,3}$ – розподілити «ФЗП»;
- $a_{3,4}$ – запитати «ТарСт», «ВихПлан»;
- $a_{3,5}$ – запитати «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{3,6}$ – розподілити «ФС»;
- $a_{4,1}$ – подати відомості про роботи у «ФЗП»;
- $a_{4,4}$ – подати відомості про роботи у «ФС»;
- $a_{5,2}$ – подати відомості про працівників у «ФЗП»;
- $a_{5,5}$ – подати відомості про працівників у «ФС».

Побудуємо модель станів системи в альтернативному сценарії «Недостатньо коштів для виплати зарплати» (див. рис. 2.3). Для даного сценарію введемо множину букв:

$$A = \{a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,m}, a_{2,1}, a_{2,2}, \dots, a_{2,m}, \dots, a_{n,1}, a_{n,2}, \dots, a_{n,m}\}, \quad (2.11)$$

де перший індекс – це номер об'єкту, а другий індекс – це номер стану об'єкту, n – число об'єктів сценарію, m – число станів системи.

Змістовна інтерпретація станів об'єктів сценарію:

- $a_{1,1}$ – стан подачі заявки на розподіл «ФЗП»;
- $a_{1,4}$ – стан подачі заявки на розподіл «ФС»;
- $a_{1,5}$ – стан розрахунку «ЗП»;
- $a_{2,1}$ – стан запиту «ТарСт»;
- $a_{2,2}$ – стан запиту «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{2,3}$ – стан розподілу «ФЗП»;

- $a_{3,4}$ – стан розрахунку «ФС»;
- $a_{4,1}$ – стан подачі відомостей про роботи у «ФЗП»;
- $a_{5,2}$ – стан подачі відомостей про працівників у «ФЗП».

Таким чином, для даної задачі $n = 5$, $m = 5$.

Введемо множину змінних відповідно до об'єктів сценарію:

$$B = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (2.12)$$

Вкажемо області визначення введених змінних:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,m}\}, \\ x_2 &\in \{a_{2,1}, a_{2,2}, \dots, a_{2,m}\}, \\ &\dots \\ x_n &\in \{a_{n,1}, a_{n,2}, \dots, a_{n,m}\}, \end{aligned} \quad (2.13)$$

Запишемо закони істинності для введених змінних в термінах алгебри кінцевих предикатів:

$$\begin{aligned} \bigvee_{j=1}^m x_1^{a_{1,j}} &= 1, \\ &\dots \\ \bigvee_{j=1}^m x_n^{a_{n,j}} &= 1. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Виходячи з діаграми станів системи даного сценарію, для активних станів об'єктів системи складемо кон'юнкцію предикатів пізнавання станів об'єктів для кожного стану системи i , прирівнявши її до одиниці, отримаємо математичні моделі станів системи у вигляді рівнянь алгебри кінцевих предикатів.

$$\begin{cases} x_1^{a_{1,1}} \wedge x_2^{a_{2,1}} \wedge x_4^{a_{4,1}} = 1, \\ x_2^{a_{2,2}} \wedge x_5^{a_{5,2}} = 1, \\ x_2^{a_{2,3}} = 1, \\ x_1^{a_{1,4}} \wedge x_3^{a_{3,4}} = 1, \\ x_1^{a_{1,5}} = 1. \end{cases} \quad (2.15)$$

Для активних станів об'єктів виконаємо змістовне асоціювання показників пізнавання предикатів (як елементів потоку управління) з елементами потоку подій:

- $a_{1,1}$ – подати заявку на розподіл «ФЗП»;
- $a_{1,4}$ – подати заявку на розрахунок «ФС»;
- $a_{1,5}$ – розрахувати «ЗП»;
- $a_{2,1}$ – запитати «ТарСт»;
- $a_{2,2}$ – запитати «ВихФ», «КТУ»;
- $a_{2,3}$ – розподілити «ФЗП»;
- $a_{3,4}$ – розрахувати «ФС»;
- $a_{4,1}$ – подати відомості про роботи у «ФЗП»;
- $a_{5,2}$ – подати відомості про працівників у «ФЗП».

Таким чином, з математичної точки зору, отримання елементів потоку управління зводиться до отримання розв'язків рівнянь алгебри кінцевих предикатів.

2.3 Дослідження моделі

2.3.1 Отримання та інтерпретація рішень

Отримаємо розв'язок рівнянь (2.5) шляхом приведення ДНФ лівих частин рівнянь до ДДНФ, використовуючи тотожності алгебри кінцевих предикатів. \equiv

Звернемо увагу на те, що $a_{1,2} \equiv a_{1,3} \equiv a_{1,5} \equiv a_{1,6} \equiv a_{1,7} \equiv a_{1,0}$ є пасивні стани об'єкту «Зарплата». Аналогічні тотожності матимуть місце і для інших об'єктів системи. Під $a_{1,0}$, $a_{2,0}$, ... розумітимемо пасивні стани об'єктів.

Аналізуючи діаграму станів системи, також зазначимо, що, наприклад, для першого стану системи стани $a_{1,4}$, $a_{1,8}$ об'єкту «Зарплата» слід розглядати як пасивні, оскільки, виходячи з фізичного сенсу задачі, можна заключити, що об'єкт «Зарплата» системи в її першому стані може бути лише у стані $a_{1,1}$ і не може одночасно знаходитися в стані $a_{1,4}$.

Таким чином, кон'юнктивні члени ДДНФ вигляду $x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$ дорівнюватимуть нулю оскільки $x_1^{a_{1,4}}=0$, так як $x_1 \neq a_{1,4}$, а можлива лише рівність $x_1 = a_{1,1}$. З урахуванням вище сказаного,

ДДНФ для першого рівняння з (2.5) матиме вигляд $x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$ розв'язком його буде набір показників пізнавання $a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, a_{4,1}, a_{5,1}$.

Аналогічно міркуючи, можна отримати ДДНФ лівих частин інших рівнянь з (2.5). Отримані результати зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Диз'юнктивні нормальні форми для станів системи

Стан	ДДНФ	Розв'язок
1	2	3
1	$x_1^{a_{1,2}}, x_2^{a_{2,2}}, x_3^{a_{3,2}}, x_4^{a_{4,2}}, x_5^{a_{5,2}}$	$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,0}, a_{4,1}, a_{5,0}$
2	$x_1^{a_{1,3}}, x_2^{a_{2,3}}, x_3^{a_{3,3}}, x_4^{a_{4,3}}, x_5^{a_{5,3}}$	$a_{1,0}, a_{2,2}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,2}$
3	$x_1^{a_{1,4}}, x_2^{a_{2,4}}, x_3^{a_{3,4}}, x_4^{a_{4,4}}, x_5^{a_{4,1}}$	$a_{1,0}, a_{2,3}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$
4	$x_1^{a_{1,5}}, x_2^{a_{2,5}}, x_3^{a_{3,5}}, x_4^{a_{4,5}}, x_5^{a_{5,5}}$	$a_{1,4}, a_{2,4}, a_{3,4}, a_{4,0}, a_{5,0}$
5	$x_1^{a_{1,6}}, x_2^{a_{2,6}}, x_3^{a_{3,6}}, x_4^{a_{4,6}}, x_5^{a_{5,6}}$	$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,5}, a_{4,5}, a_{5,0}$
6	$x_1^{a_{1,7}}, x_2^{a_{2,7}}, x_3^{a_{3,7}}, x_4^{a_{4,7}}, x_5^{a_{5,7}}$	$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,6}, a_{4,0}, a_{5,6}$
7	$x_1^{a_{1,2}}, x_2^{a_{2,2}}, x_3^{a_{3,2}}, x_4^{a_{4,2}}, x_5^{a_{5,2}}$	$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,7}, a_{4,0}, a_{5,0}$

Отримаємо відповідність розв'язків УАКП з елементами потоку управління системи при реалізації станів системи сценарію «Основний» та елементами потоку подій програмної моделі системи (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Зв'язок розв'язків з елементами потоку управління

Розв'язок	Елемент потоку управління	Елемент потоку подій
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,5}, a_{4,5}, a_{5,0}$	Запитати «ТарСт»	ev_fromFZG_forRabotu
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,6}, a_{4,0}, a_{5,6}$	Запитати «ВихФ», «КТУ»	ev_fromFZG_forRabotniki
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,7}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розподілити «ФЗП»	ev_fromFZG_forFZG
$a_{1,4}, a_{2,4}, a_{3,4}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Запитати розмір «ФЗП»	ev_fromFS_forFZG
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,5}, a_{4,5}, a_{5,0}$	Запитати «ТарСт», «ВихПлан»	ev_fromFS_forRabotu
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,6}, a_{4,0}, a_{5,6}$	Запитати «ВихФ», «КТУ»	ev_fromFS_forRabotniki
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,7}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розподілити «ФС»	ev_fromFS_forFS

Продовження таблиці 2.2

$a_{1,8}, a_{2,0}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розрахувати «ЗП»	ev_fromZarplata_forZarplata
---	------------------	-----------------------------

Отримаємо розв'язок рівнянь (2.10) шляхом приведення ДНФ лівих частин рівнянь до ДДНФ.

Звернемо увагу на те, що $a_{1,2} \equiv a_{1,3} \equiv a_{1,5} \equiv a_{1,6} \equiv a_{1,0}$ є пасивні стани об'єкту «Зарплата». Аналогічна тотожність матиме місце й для інших об'єктів системи.

З урахуванням сказаного, ДДНФ для першого рівняння з (2.10) матиме вигляд $x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$ і розв'язком його буде набір показників пізнання $a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, a_{4,1}, a_{5,1}$.

Аналогічно міркуючи, можна отримати ДДНФ лівих частин інших рівнянь з (2.10). Отримані результати зведемо в таблицю 2.3.

Отримано відповідність розв'язків рівнянь з елементами потоку управління системи при реалізації станів системи першого альтернативного сценарію й елементами потоку подій програмної моделі системи (таблиця 2.4).

Отримаємо розв'язок рівнянь (2.15) шляхом приведення ДНФ лівих частин рівнянь до ДДНФ.

Звернемо увагу на те, що $a_{1,2} \equiv a_{1,3} \equiv a_{1,0}$ є пасивні стани об'єкту «Зарплата». Аналогічна тотожності матиме місце і для інших об'єктів системи.

Таблиця 2.3 – Диз'юнктивні нормальні форми для станів системи та їх розв'язки

Стан	ДДНФ	Розв'язок
1	2	3
1	$x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$	$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,0}, a_{4,1}, a_{5,0}$
2	$x_1^{a_{1,2}}, x_2^{a_{2,2}}, x_3^{a_{3,2}}, x_4^{a_{4,2}}, x_5^{a_{5,2}}$	$a_{1,0}, a_{2,2}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,2}$
3	$x_1^{a_{1,3}}, x_2^{a_{2,3}}, x_3^{a_{3,3}}, x_4^{a_{4,3}}, x_5^{a_{5,3}}$	$a_{1,0}, a_{2,3}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$
4	$x_1^{a_{1,4}}, x_2^{a_{2,4}}, x_3^{a_{3,4}}, x_4^{a_{4,4}}, x_5^{a_{4,1}}$	$a_{1,4}, a_{2,0}, a_{3,4}, a_{4,4}, a_{5,0}$
5	$x_1^{a_{1,5}}, x_2^{a_{2,5}}, x_3^{a_{3,5}}, x_4^{a_{4,5}}, x_5^{a_{5,5}}$	$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,5}, a_{4,0}, a_{5,5}$
6	$x_1^{a_{1,6}}, x_2^{a_{2,6}}, x_3^{a_{3,6}}, x_4^{a_{4,6}}, x_5^{a_{5,6}}$	$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,6}, a_{4,0}, a_{5,0}$

Продовження таблиці 2.3

7	$x_1^{a_{1,7}}, x_2^{a_{2,7}}, x_3^{a_{3,7}}, x_4^{a_{4,7}}, x_5^{a_{5,7}}$	$a_{1,7}, a_{2,0}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$
---	---	---

Таблиця 2.4 – Зв'язок розв'язків з елементами потоку управління та потоку подій для станів системи сценарію «Не виконано план виробництва»

Розв'язок	Елемент потоку управління	Елемент потоку подій
$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,0}, a_{4,1}, a_{5,0}$	Запитати «ГарСт»	ev_fromFZG_forRabotu
$a_{1,0}, a_{2,2}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,2}$	Запитати «ВихФ», «КТУ»	ev_fromFZG_forRabotniki
$a_{1,0}, a_{2,3}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розподілити «ФЗП»	ev_fromFZG_forFZG
$a_{1,4}, a_{2,0}, a_{3,4}, a_{4,4}, a_{5,0}$	Запитати «ГарСт»	ev_fromFS_forRabotu
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,5}, a_{4,0}, a_{5,5}$	Запитати «ВихФ», «КТУ»	ev_fromFS_forRabotniki
$a_{1,0}, a_{2,0}, a_{3,6}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розподілити «ФС»	ev_fromFS_forFS
$a_{1,7}, a_{2,0}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розрахувати «ЗП»	ev_fromZarplata_forZarplata

З урахуванням сказаного, ДДНФ для першого рівняння з (2.15) матиме вигляд $x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$ і розв'язком його буде набір показників пізнавання $a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, a_{4,1}, a_{5,1}$.

Аналогічно міркуючи, можна отримати ДДНФ лівих частин інших рівнянь з (2.15). Отримані результати зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Диз'юнктивні нормальні форми для станів системи та їх розв'язки

Стан	ДДНФ	Розв'язок
1	$x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$	$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,0}, a_{4,1}, a_{5,0}$
2	$x_1^{a_{1,2}}, x_2^{a_{2,2}}, x_3^{a_{3,2}}, x_4^{a_{4,2}}, x_5^{a_{5,2}}$	$a_{1,0}, a_{2,2}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,2}$
3	$x_1^{a_{1,3}}, x_2^{a_{2,3}}, x_3^{a_{3,3}}, x_4^{a_{4,3}}, x_5^{a_{5,3}}$	$a_{1,0}, a_{2,3}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$
4	$x_1^{a_{1,4}}, x_2^{a_{2,4}}, x_3^{a_{3,4}}, x_4^{a_{4,4}}, x_5^{a_{5,4}}$	$a_{1,4}, a_{2,0}, a_{3,4}, a_{4,0}, a_{5,0}$
5	$x_1^{a_{1,5}}, x_2^{a_{2,5}}, x_3^{a_{3,5}}, x_4^{a_{4,5}}, x_5^{a_{5,5}}$	$a_{1,5}, a_{2,0}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$

Отримано відповідність розв'язків рівнянь з елементами потоку управління системи при реалізації станів системи другого альтернативного

сценарію й елементами потоку подій програмної моделі системи (таблиця 2.6).

Отримані розв'язки рівнянь (2.5), (2.10) і (2.15) із змістовної точки зору слід розглядати як набір елементів потоку управління, реалізація якого переводить систему з одного її стану в інший.

Таблиця 2.6 – Зв'язок розв'язків з елементами потоку управління й потоку подій для станів системи сценарію «Недостатньо коштів для виплати зарплати»

Розв'язок	Елемент потоку управління	Елемент потоку подій
$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,0}, a_{4,1}, a_{5,0}$	Запитати «ГарСт»	ev_fromFZG_forRabotu
$a_{1,0}, a_{2,2}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,2}$	Запитати «ВихФ», «КТУ»	ev_fromFZG_forRabotniki
$a_{1,0}, a_{2,3}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розподілити «ФЗП»	ev_fromFZG_forFZG
$a_{1,4}, a_{2,0}, a_{3,4}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розрахувати «ФС»	ev_fromZarplata_forFS
$a_{1,5}, a_{2,0}, a_{3,0}, a_{4,0}, a_{5,0}$	Розрахувати «ЗП»	ev_fromZarplata_forZarplata

Побудова математичних моделей сценаріїв.

Для розглядуваних сценаріїв введемо множину букв:

$$A = \{c_{1,1}, c_{1,2}, \dots, c_{1,k}, c_{2,1}, c_{2,2}, \dots, c_{2,k}, \dots, c_{k,1}, c_{k,2}, \dots, c_{m,k}\} \quad (2.16)$$

де перший індекс – це номер стану системи, а другий індекс – це номер сценарію.

Відмітимо, що число станів системи в різних сценаріях різне, так в сценарії «Основний» $m = 8$, в сценарії «Не виконано план виробництва» $m = 7$, а в сценарії «Недостатньо коштів для виплати зарплати» $m = 5$. Тоді сценарії з меншим числом станів доповнимо необхідним числом пасивних станів системи до числа станів системи сценарію з максимальним їх числом.

Введемо множину змінних у кількості, рівній числу станів сценарію з максимальним їх числом:

$$B = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}. \quad (2.17)$$

Вкажемо області визначення введених змінних:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \{c_{1,1}, c_{1,2}, \dots, c_{1,k}\}, \\ x_2 &\in \{c_{2,1}, c_{2,2}, \dots, c_{2,k}\}, \\ &\dots \\ x_n &\in \{c_{n,1}, c_{n,2}, \dots, c_{n,k}\}, \end{aligned} \tag{2.18}$$

Запишемо закони істинності для введених змінних в термінах алгебри кінцевих предикатів:

$$\begin{aligned} \bigvee_{j=1}^k x_1^{c_{1,j}} &= 1, \\ &\dots \\ \bigvee_{j=1}^k x_m^{a_{m,j}} &= 1. \end{aligned} \tag{2.19}$$

Запишемо кон'юнкції предикатів пізнавання для кожного сценарію системи, в яких показник пізнавання предиката є стан системи:

$$\left\{ \begin{aligned} &x_1^{c_{1,1}} \wedge x_2^{c_{2,1}} \wedge x_m^{a_{m,1}}, \\ &\dots \\ &x_1^{c_{1,k}} \wedge x_2^{c_{2,k}} \wedge x_m^{a_{m,k}}. \end{aligned} \right. \tag{2.20}$$

Прирівнявши до одиниці отримані кон'юнкції, ми отримаємо математичні моделі сценаріїв системи прецеденту:

$$\left\{ \begin{aligned} &x_1^{c_{1,1}} \wedge x_2^{c_{2,1}} \wedge x_m^{a_{m,1}} = 1, \\ &\dots \\ &x_1^{c_{1,k}} \wedge x_2^{c_{2,k}} \wedge x_m^{a_{m,k}} = 1. \end{aligned} \right. \tag{2.21}$$

Відмітимо, що ліві частини цих рівнянь є конституентами одиниці, отже, показники пізнавань предикатів є розв'язками цих рівнянь, які з точки зору змістовної є елементами похідного потоку управління – потоку управління станами системи. Тоді як вихідним потоком управління слід вважати потік, елементи якого визначаються станами об'єктів системи.

Змістовна інтерпретація станів системи сценарію «Основний»:

- $c_{1,1}$ – стан запиту «ТарСт» для розподілу «ФЗП»;
- $c_{2,1}$ – стан запиту «ВихФ» і «КТУ» для розподілу «ФЗП»;
- $c_{3,1}$ – стан розподілу «ФЗП»;
- $c_{4,1}$ – стан запиту розміру «ФЗП»;
- $c_{5,1}$ – стан запиту «ТарСт» і «ВихПлан» для розподілу «ФС»;
- $c_{6,1}$ – стан запиту «ВихФ» і «КТУ» для розподілу «ФС»;
- $c_{7,1}$ – стан розподілу «ФС»;
- $c_{8,1}$ – стан розрахунку «ЗП».

Змістовна інтерпретація станів системи сценарію «Не виконано план виробництва»:

- $c_{1,2}$ – стан запиту «ТарСт» для розподілу «ФЗП»;
- $c_{2,2}$ – стан запиту «ВихФ» і «КТУ» для розподілу «ФЗП»;
- $c_{3,2}$ – стан розподілу «ФЗП»;
- $c_{4,2}$ – стан запиту «ТарСт» і «ВихПлан» для розподілу «ФС»;
- $c_{5,2}$ – стан запиту «ВихФ» і «КТУ» для розподілу «ФС»;
- $c_{6,2}$ – стан розподілу «ФС»;
- $c_{7,2}$ – стан розрахунку «ЗП»;
- $c_{8,2}$ – пасивний стан.

Змістовна інтерпретація станів системи сценарію «Недостатньо коштів для виплати зарплати»:

- $c_{1,2}$ – стан запиту «ТарСт» для розподілу «ФЗП»;
- $c_{2,2}$ – стан запиту «ВихФ» і «КТУ» для розподілу «ФЗП»;
- $c_{3,2}$ – стан розподілу «ФЗП»;
- $c_{4,2}$ – стан розрахунку «ФС»;
- $c_{5,2}$ – стан розрахунку «ЗП»;
- $c_{6,2}$ – пасивний стан;
- $c_{7,2}$ – пасивний стан;

– $c_{8,2}$ – пасивний стан.

Побудова математичної моделі прецеденту.

Для побудови моделі прецеденту утворюємо диз'юнкцію отриманих кон'юнкцій і, прирівнявши її до одиниці, отримаємо модель у вигляді рівняння алгебри кінцевих предикатів як сукупність моделей станів системи по всіх сценаріях прецеденту.

$$\begin{aligned} & (x_1^{c1,1} \wedge x_2^{c2,1} \wedge \dots \wedge x_8^{a8,1}) \vee (x_1^{c1,2} \wedge x_2^{c2,2} \wedge \dots \wedge x_8^{a8,2}) \vee \dots \vee \\ & \vee (x_1^{c1,3} \wedge x_2^{c2,3} \wedge \dots \wedge x_8^{a8,3}) = 1 \end{aligned} \quad (2.22)$$

При цьому кон'юнктивні члени лівої частини рівняння є конститuantами одиниці і, отже, показники пізнань предикатів є розв'язками рівняння, змістовна інтерпретація яких полягає в тому, що реалізація прецеденту можлива по будь-якому одному з допустимих сценаріїв. Таким чином, з використанням математичного апарату алгебри кінцевих предикатів побудована математична модель станів системи й сценаріїв прецедентів. Отримані результати можуть бути використані на етапі програмної реалізації моделі для моделювання штучного інтелекту системи.

2.3.2 Перевірка адекватності моделі

Що є адекватністю моделі потоку управління?

Відповідь.

Модель потоку управління або потоку подій програмної моделі, адекватна в тому ж сенсі, що і об'єктна модель системи.

Як перевірити адекватність моделі потоку управління?

Відповідь.

Досить виконати тестування потоку подій програмної моделі системи.

Що є адекватністю об'єктної моделі?

Відповідь.

Об'єктна модель системи не адекватна реальній системі не тільки на множині прецедентів і сценаріїв, що представляють функціональність

системи, оскільки будь-яка, подія, що знов виявилася, тобто раніше не передбачена у вигляді відповідного сценарію, і, отже, припускає свою динамічну реалізацію засобами, ще відсутніми, як в мовах моделювання, так і в системах кодування їх віртуальних образів, і також не обов'язково адекватна на множині структурних елементів, бо може не містити деякі елементи реальної системи й в той же час, містити елементи, принципово не можливі для реальної системи.

Як перевірити адекватність об'єктної моделі?

Відповідь.

Потрібно скласти таблицю відповідності набору сценаріїв реальної системи та її об'єктної моделі. Збіг цих наборів свідчатиме про адекватність об'єктної моделі з точністю до числа сценаріїв реальної системи прийнятих до розгляду.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Никольская И. Л. Математическая логика: учебник / И. Л. Никольская. – М.: Высш. шк., 1981. – 127 с.
2. Шабанов-Кушнарченко Ю. П. Теория интеллекта / Ю. П. Шабанов-Кушнарченко. – Х.: Вища шк., 1984. – 144с.
3. Кундышева Е. С. Математическое моделирование в экономике / Е. С. Кундышева. – М.: Данилов и Ко, 2004. – 352 с.
5. Телькоф Ю. Ф. Интеллектуальные ИС в экономике: уч. пособие / Ю. Ф. Телькоф. – М.: Синтез, 2002. – 251 с.
6. Нильсон Нияс. Принципы искусственного интеллекта / Нияс Нильсон. – М.: Радио и связь 1985. – 376 с.
7. Руденко О. Т. Штучний інтелект нейронних мереж: навчальний посібник / О. Т. Руденко. – К.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 404 с.
8. Катунев А. Н. Математические методы в системах принятия решений: учебное пособие / А. Н. Катунев, Н. А. Северцев. – М.: Высш. шк., 2005. – 311 с.
9. Власов М. П. Моделирование экономических процессов / М. П. Власов, П. Д. Шимко. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 409 с.
10. Гренкул В. И. Проектирование информационных систем: курс лекций / В. И. Гренкул, Г. Н. Денищенко. – М.: Интернет-Ун-т Информационных технологий, 2005. – 304 с.
11. Смирнова Г. Н. Проектирование экономических информационных систем / Г. Н. Смирнова, А. А. Сорокин, Ю. Ф. Тельнов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 512 с.
12. Экономика и бизнес / под ред. В. Д. Камаева. – М: Изд-во МГТУ, 1993. – 464 с.
13. Яковлев С. А. Моделирование систем: учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп. / С. А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2003. – 343 с.

ДОДАТОК А ТОТОЖНОСТІ АЛГЕБРИ ЛОГІКИ

1 Закон тотожності $X \equiv X$	(2.1)
2 Закон суперечності $X \wedge \bar{X} \equiv 0$	(2.2)
3 Закон виключення третього $X \vee \bar{X} \equiv 1$	(2.3)
4 Закон подвійного заперечення $\overline{\bar{X}} \equiv X$	(2.4)
5 Закони ідемпотентності a) $X \wedge X \equiv X$ b) $X \vee X \equiv X$	(2.5)
6 Закони комутативності a) $X \wedge Y \equiv Y \wedge X$ b) $X \vee Y \equiv Y \vee X$	(2.6)
7 Закони асоціативності a) $(X \wedge Y) \wedge Z \equiv X \wedge (Y \wedge Z)$ b) $(X \vee Y) \vee Z \equiv X \vee (Y \vee Z)$	(2.7)
8 Закони дистрибутивності a) $(X \wedge Y) \vee Z \equiv (X \vee Z) \wedge (Y \vee Z)$ b) $(X \vee Y) \wedge Z \equiv (X \wedge Z) \vee (Y \wedge Z)$	(2.8)
9 Закони де Моргана a) $\overline{X \wedge Y} \equiv \bar{X} \vee \bar{Y}$ b) $\overline{X \vee Y} \equiv \bar{X} \wedge \bar{Y}$	(2.9)
10 Закони нуля та одиниці a) $X \wedge 1 \equiv X$ b) $X \wedge 0 \equiv 0$ c) $X \vee 1 \equiv 1$ d) $X \vee 0 \equiv X$	(2.10)
11 Закони поглинання a) $X \wedge (X \vee Y) \equiv X$ b) $X \vee (X \wedge Y) \equiv X$	(2.11)
12 Закони склеювання a) $(X \vee Y) \wedge (\bar{X} \vee Y) \equiv Y$ b) $(X \wedge Y) \vee (\bar{X} \wedge Y) \equiv Y$	(2.12)
13 Закони вираження імплікації a) $(X \rightarrow Y) \equiv \bar{X} \vee Y$ b) $(X \rightarrow Y) \equiv \overline{\bar{X} \wedge \bar{Y}}$	(2.13)
14 Закони вираження еквівалентності a) $X \leftrightarrow Y \equiv (\bar{X} \vee Y) \wedge (\bar{Y} \vee X)$ b) $X \leftrightarrow Y \equiv (\overline{\bar{X} \wedge \bar{Y}}) \wedge (\overline{\bar{Y} \wedge \bar{X}})$	(2.14)

ДОДАТОК Б ТАБЛИЦІ ІСТИННОСТІ ЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Заперечення (не а)

A	$\neg A$
0	1
1	0

Кон'юнкція (А і В)

A	B	$A \wedge B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Диз'юнкція (А або В)

A	B	$A \vee B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Еквівалентність (А еквівалентно В)

A	B	$A \leftrightarrow B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Наступність (якщо А, то В)

A	B	$A \rightarrow B$
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Пріоритет операцій:

1. заперечення \neg ;
2. кон'юнкція \wedge ;
3. диз'юнкція \vee ;
4. наступність \rightarrow ;
5. еквівалентність \leftrightarrow .