

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський національний університет радіоелектроніки

ГОЛЯН НАТАЛІЯ ВІКТОРІВНА



УДК 510.635:004.652.4

**ПРЕДИКАТНІ МОДЕЛІ НЕЯВНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ПРОЦЕСНОМУ
ПРЕДСТАВЛЕННІ ЗНАНЬ**

05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Харківському національному університеті радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Шабанов-Кушнаренко Юрій Петрович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри програмної інженерії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Асєєв Георгій Георгійович,
Харківська державна академія культури,
завідувач кафедри інформаційних технологій;

доктор технічних наук, доцент
Шостак Ігор Володимирович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», професор кафедри
інженерії програмного забезпечення.

Захист відбудеться «17» квітня 2013 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.01 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «16» березня 2013 р.

ХНУРЕ

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Литвинова С.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний період розвитку постіндустріального суспільства визначається єдиним багаторівневим інформаційним простором, що об'єднує засновані на знаннях процеси, які пов'язані з різноманітною обробкою інформації. У зв'язку з цим актуальною є формалізація процесних знань. Останні задають закономірності, що визначають послідовності дій, описують порядок функціонування об'єктів предметної області. Процесні знання відбивають уявлення про природний інтелект як сукупність взаємопов'язаних пізнавальних процесів, що оперують зі знаннями.

Виникнення безлічі взаємопов'язаних і заснованих на знаннях процесів обробки інформації призводить до зростання рівня складності завдань, що потребують застосування методів штучного інтелекту. Вирішення таких завдань потребує застосування нових знань, особливо представлених у прихованій, неявній формі. На відміну від явних знань, які формалізуються, неявні знання відображають приховані у різний спосіб залежності. Прояви таких зв'язків можуть бути описані, однак виявлення та формалізація самих причинно-наслідкових залежностей пов'язані з низкою труднощів, обумовлених природою неявних знань. Неявні знання у багатьох випадках є результатом людського досвіду, який заснований на виконанні людиною певної послідовності дій, що реалізують заданий процес (або процеси) обробки інформації. При описі такої послідовності частина залежностей між подіями може бути пропущено як несуттєва, хоча їх вплив на вибір дій процесу зберігається. Це призводить до виникнення невідповідності між представленням знань у системі штучного інтелекту і реальними залежностями в предметній області, що аналізується.

Існуючі підходи до формалізації неявних знань засновані, зокрема, на проведенні інтерв'ю з експертами та групами експертів, роботі з фокус-групами, що не завжди дозволяє одержати однозначні результати. Однак такі залежності можуть бути отримані на основі аналізу послідовності подій, що відображають послідовність дій процесу з прив'язкою до часу.

Таким чином, досить актуальною є задача виявлення прихованих залежностей при процесному представленні знань на основі аналізу послідовності подій бізнес-процесу. Вирішення цієї задачі дозволить перевести такі залежності в явну форму і доповнити існуючу модель представлення знань.

Дисертаційна робота присвячена розробці моделей представлення процесних знань із неявними залежностями, а також засобів знаходження таких залежностей на основі аналізу відповідних наборів подій. Вирішення цієї задачі потребує розгляду питань формально-логічного представлення неявних зв'язків як елемента представлення знань.

Питання представлення знань розглядалися в роботах таких вчених як

Лорьер Ж.-Л., Х. Уено, М. Іспдзука, Sowa JF, Brewka G., Stuart J. Russell, Peter Norvig, Alexander Osterwalder, Michael E. Porter, Филип Котлер, Роланд Бергер, Нильс Бикхофф. В їх роботах показано, що розвитком фреймів є скриптове представлення знань, на основі якого і формуються процесні знання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-технічних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки в рамках держбюджетної теми № 232-2 «Розробка теорії й принципів побудови мозкоподібних ЕОМ з реляційними мережами» (№ ДР 0109U001646).

Автором при виконанні цієї теми досліджено, розроблено, запропоновано й реалізовано предикатні моделі типових ситуацій та узагальненої конструкції неявного вибору при процесному представленні знань; неявних та непрямих зв'язків між подіями у процесах для побудови реляційних мереж і пошуку неявних зв'язків при процесному представленні знань.

Метою роботи є розробка моделей представлення прихованих залежностей між подіями при процесному представленні знань для забезпечення можливості обґрунтованого вибору дій процесу представлення знань на основі аналізу відповідних наборів подій інформаційного процесу.

Основні задачі дослідження:

- проаналізувати основні моделі представлення знань в системах штучного інтелекту;
- побудувати моделі типових ситуацій неявного вибору при представленні знань у вигляді процесів;
- розробити алгебро-логічну модель узагальненої конструкції неявного вибору при процесному представленні знань;
- розробити предикатні моделі неявних зв'язків між подіями при процесному представленні знань;
- розробити предикатну модель непрямих зв'язків між подіями, що відображають дії у процесному представленні знань;
- розробити предикатну модель непрямих зв'язків між подіями, що відображають дії у процесному представленні знань;
- побудувати реляційну мережу для знаходження неявних залежностей при процесному представленні знань
- розробити структуру процесної бази знань і виконати експериментальну перевірку теоретичних результатів.

Об'єкт дослідження – процеси представлення знань в системах штучного інтелекту.

Предмет дослідження – предикатні моделі неявних зв'язків при процесному представленні знань.

Методи дослідження. Як методи дослідження використовуються методи

логічного аналізу, алгебри скінченних предикатів і предикатних операцій для побудови реляційних мереж та предикатних моделей неявних зв'язків у процесному представленні знань; методи представлення і маніпулювання знаннями в системах штучного інтелекту та методи інтелектуального аналізу процесів для моделювання процесного представлення знань.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше запропоновано алгебро-логічну модель узагальненої конструкції неявного вибору при процесному представленні знань, яка базується на предикатній моделі неявного зв'язку між подіями. Це дає можливість зробити явним прихований вибір між подіями та підвищити точність моделі.

2. Вперше запропоновано предикатні моделі неявних зв'язків за входом і виходом між процесом і зовнішнім підпроцесом при процесному представленні знань, які пов'язують паралельні фрагменти представлення знань та характеризуються множинами необхідних та достатніх умов існування паралельних зв'язків. Моделі забезпечують можливість їх виявлення і усунення суперечностей в процесному представленні знань.

3. Удосконалено предикатну модель непрямих зв'язків між подіями, які відображають дії у процесному представленні знань. Модель, на відміну від існуючих, враховує послідовне виникнення подій та відсутність циклів подій, що підвищує точність і адекватність моделі.

4. Набули подальшого розвитку моделі типових ситуацій неявного вибору при процесному представленні знань у вигляді реляційних мереж, що дозволило знайти неявні зв'язки шляхом порівняння станів реляційної мережі з послідовністю подій процесу.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені в дисертаційній роботі моделі представлення конструкцій неявного вибору та неявних зв'язків доведено до програмної реалізації, що дозволило побудувати реляційні мережі пошуку неявних зв'язків бази знань, призначені для реалізації в мозкоподібних комп'ютерах.

Запропонована структура процесної бази знань, що забезпечує можливість маніпулювання знаннями на двох рівнях – системи процесів і окремих процесів.

Теоретичні результати роботи можуть бути використані в системах штучного інтелекту при знаходженні неявних залежностей для процесів різної природи (інформаційних, соціальних, економічних), а також при моделюванні обробки прихованих знань природним інтелектом.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у сфері розробки програмного забезпечення. Розроблений програмний модуль знаходження неявних зв'язків був використаний для виявлення прихованих залежностей в процесах тестування програмного забезпечення.

Результати, отримані в ході поданої дисертаційної роботи, знайшли своє практичне застосування в ПАТ «Харківський машинобудівний завод «Світло

шахтаря»» для покращення якості обробки інформації в задачах моделювання бізнес-процесів; зменшення обсягу ручної роботи і часу формування пакетів навчальних матеріалів для комп'ютеризованих навчальних систем та перепідготовки кадрів організації (акт впровадження від 25.11.2012 р.).

Теоретичні результати дисертації було використано в навчальному процесі на кафедрах програмної інженерії і прикладної математики ХНУРЕ при підготовці курсів лекцій «Теорія інтелекту» і «Алгебраїчна логіка» для спеціальності «Програмна інженерія» (акт впровадження від 25.09.2012 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі результати, представлені в дисертаційній роботі, отримані автором самостійно. У роботах, виконаних у співавторстві, автору належать такі результати: [1] виконано аналіз типових ситуацій неявного вибору в бізнес-процесах та показано, що виникнення таких ситуацій пов'язане з використанням знань, що виходять за рамки опису послідовності процедур бізнес-процесу; [2] для формалізації реальної поведінки бізнес-процесу проведено аналіз витягнутої інформації з журналів реєстрації подій; неявні зв'язки між процедурами бізнес-процесу формалізовано у вигляді предикатів; [3] отримано алгебро-логічну модель узагальненої конструкції неявного вибору, яка формалізує на основі предикатів явні зв'язки між процедурами, незалежне виконання процедур, а також основні елементи неявних зв'язків у вигляді послідовного, паралельного, циклічного виконання; [4] отримано предикатну модель представлення непрямого зв'язку між процедурами в журналі реєстрації подій бізнес-процесу; [5] розроблено моделі типових ситуацій неявного вибору у вигляді реляційних мереж; [6] запропоновано спосіб формування продукцій для заповнення бази знань, для подальшої генерації фактів і цілей з дерева синтаксичного розбору; [7] отримано формальні моделі основних типів неявних зв'язків у бізнес-процесах.

Апробація результатів. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на таких наукових конференціях [8–10]: 1) Друга Міжнародна технічна конференція «Сучасні напрямки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління», Київ-Харків – 2011; 2) 16-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ столітті», Харків – 2011; 3) 16-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ столітті», Харків – 2012.

Публікації. Результати наукових досліджень відображено у 10 друкованих працях: 7 статтях, опублікованих у наукових фахових виданнях України, а також 3 матеріалах наукових конференцій.

Структура й обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, трьох додатків. Повний обсяг роботи – 148 сторінок, з них основного тексту – 145 сторінки. Дисертація містить 32 рисунки на 15 сторінках, 17 таблиць на 4 сторінках, 3 додатки на 3 сторінках, список використаних джерел із 129 найменувань на 13 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі освітлено основні проблеми процесів обробки інформації, заснованих на знаннях, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і задачі дослідження, наведено відомості про зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами організації, у якій виконувалися дослідження. Надано коротку характеристику об'єкта, предмета і методів дослідження, наукової новизни, практичного значення і використання отриманих результатів.

У першому розділі дисертації викладено огляд основних наукових досягнень в областях процесного моделювання інтелекту, методів формалізації знань засобами алгебри скінченних предикатів і реляційних мереж. Обґрунтовано вибір напрямку дослідження.

У другому розділі наведено моделі типових ситуацій неявного вибору при представленні знань у вигляді процесів та алгебро-логічну модель узагальненої конструкції неявного вибору при процесному представленні знань.

Запропоновано моделі типових ситуацій неявного вибору у формі реляційних мереж, які забезпечують аналіз результатів інтерпретації процесних знань при наявності неявних зв'язків між їх складовими - діями. Розроблені моделі дозволяють виділити й узагальнити основні структурні елементи ситуацій неявного вибору, що задають впорядкованість дій процесу.

На основі моделей типових ситуацій запропоновано алгебро-логічну модель узагальненої конструкції неявного вибору, яка характеризує вплив прихованих зв'язків на послідовність дій процесу. Надана модель структурована на основі композиції явних і неявних залежностей. Явна залежність реалізується через впорядковану множину проміжних дій процесу між подіями, пов'язаними неявною залежністю. Неявний вплив зовнішньої частини процесу на модельований фрагмент враховано шляхом введення відповідних зв'язків за входом і виходом фрагмента інформаційного процесу.

Отримані в даному розділі структуризація і формалізація неявних зв'язків між подіями процесу і конструкцій, що їх містять, забезпечують можливість розробки методів виявлення ситуацій з неявними взаємозв'язками при представленні знань у формі процесу.

Узагальнено ознаки неявних знань як ресурсів із позицій процесного підходу:

1) Послідовність дій з множини можливих у даній предметній області.

Нехай $P = \{p_i\}$ - процесне уявлення знань, що містить дії p_i , $i = \overline{1, n}$, n - довжина послідовності дій. Предикат, що визначає, чи припустима послідовність дій, має вигляд:

$$P(p_1, p_1, \dots, p_n) = 1, p_1 \in P_1, p_2 \in P_2, \dots, p_n \in P_n, P_i \subseteq P, \quad (1)$$

де P_i – підмножини множини P окремих дій, можливих у даній предметній області, на яких визначені змінні p_i . Якщо послідовність дій p_1, p_1, \dots, p_n допустима, то предикат $P(p_1, p_1, \dots, p_n)=1$, в іншому випадку $P(p_1, p_1, \dots, p_n)=0$.

Явні причинно-наслідкові зв'язки між подіями процесу мають властивості зв'язності і послідовності.

Властивість зв'язності означає існування як мінімум одного шляху між вершинами графа процесу, зв'язок між якими описується явними знаннями у вигляді причинно-наслідкових закономірностей. Це означає, що існує як мінімум один шлях між подіями або подіями процесу, який може бути отриманий шляхом виведення на цих знаннях:

$$\bigwedge_{i,j=1,n} P_1(p_i, p_j) = 1, \quad (2)$$

де предикат $P_1(p_i, p_j)$ приймає значення 1, якщо в моделі процесу є причинно-наслідковий зв'язок між подіями p_i, p_j , і 0 в іншому випадку; n – кількість подій процесу.

Властивість послідовності означає, що існує послідовність подій між подіями, пов'язаними явною залежністю:

$$\bigwedge_{i,j=1,n} P_1(p_i, p_j) P_t(t_i, t_j) = 1, \quad (3)$$

де предикат $P_t(t_i, t_j)$ приймає значення 1, якщо мітка часу t_j j -ї дії має більше значення, ніж мітка часу t_i i -ї дії, і 0 в іншому випадку.

Властивість досяжності означає, що існує принаймні один шлях між парою вершин графа процесу, відповідною неявно залежним подіям:

$$\bigwedge_{i,j=k,m} P_1(p_i, p_j) P_t(t_i, t_j) = 1, \quad (4)$$

де k і m – номери пари вершин графа процесу, відповідної неявно залежним подіям.

Неявні знання при процесному представленні відображають непрямі причинно-наслідкові зв'язки між подіями, вони мають властивості зв'язності, досяжності і не мають властивості послідовності.

Визначення 1. Ситуація неявного вибору являє собою фрагмент процесу (підпроцесу), який поряд з явними містить неявні причинно-наслідкові зв'язки між початковими і кінцевими подіями підпроцесу. При цьому неявний зв'язок впливає на вибір кінцевих дій підпроцесу.

Завдання полягає в отриманні алгебро-логічної моделі узагальненої конструкції неявного вибору на основі формалізації властивостей неявних

залежностей та структурних елементів ситуацій неявного вибору.

На рис. 1 представлена перша типова ситуація, де кінцевий результат виконання поточного фрагмента процесу залежить від неявного вибору між подіями p_4 і p_5 . Цей результат визначається наявністю зв'язків $p_1 - p_4$ і $p_2 - p_5$, які не розпізнаються при перегляді послідовностей подій, що відображають виконання дій даного фрагмента процесу.

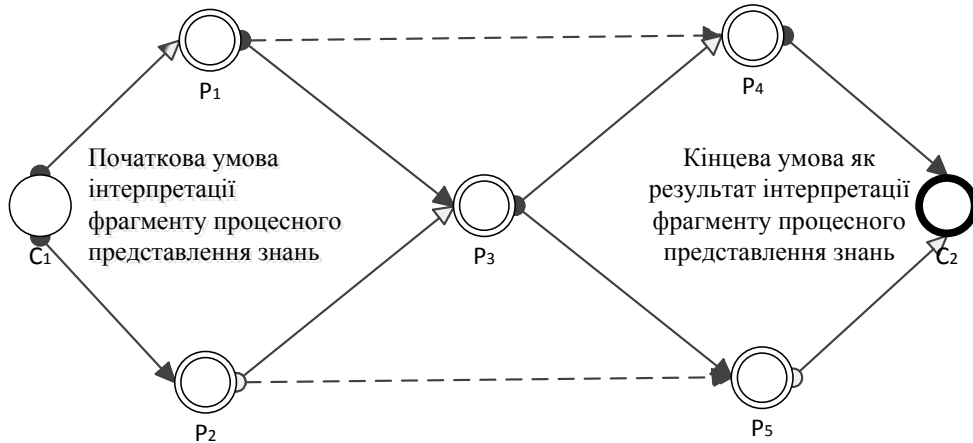


Рисунок 1 – Ситуація неявного вибору між подіями p_4 і p_5

Система предикатів, що описує реляційну мережу першого типу ситуації неявного вибору, має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} L_1(p_1, p_3), \\ L_2(p_1, t), \\ L_3(p_2, p_3), \\ L_4(p_2, t), \\ L_5(p_3, t), \\ L_6(t, p_4), \\ L_7(t, p_5). \end{array} \right. \quad (5)$$

Відповідна реляційна мережа представлена на рис. 2:

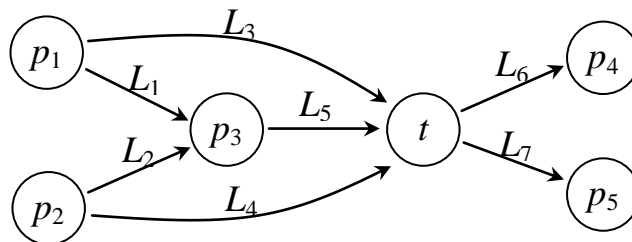


Рисунок 2 – Реляційна мережа 1-й типової ситуації – неявного вибору між p_4 і p_5

Отримані реляційні мережі типових ситуацій неявного вибору дозволили виділити основні особливості такого вибору. Наприклад, перша типова ситуація представлена на рис. 1 у вигляді графа, на рис. 3 - у вигляді реляційної мережі. Аналітичні моделі типу (5) дають можливість побудувати алгебро-логічну модель узагальненої конструкції неявного вибору, що є основою для розробки методу виявлення конструкцій неявного вибору.

Схема узагальненої конструкції неявного вибору, яка об'єднує розглянуті варіанти взаємодії з іншими частинами процесу, представлена на рис. 3. Істотна особливість даного представлення полягає у відображенні єдиного неявного зв'язку.

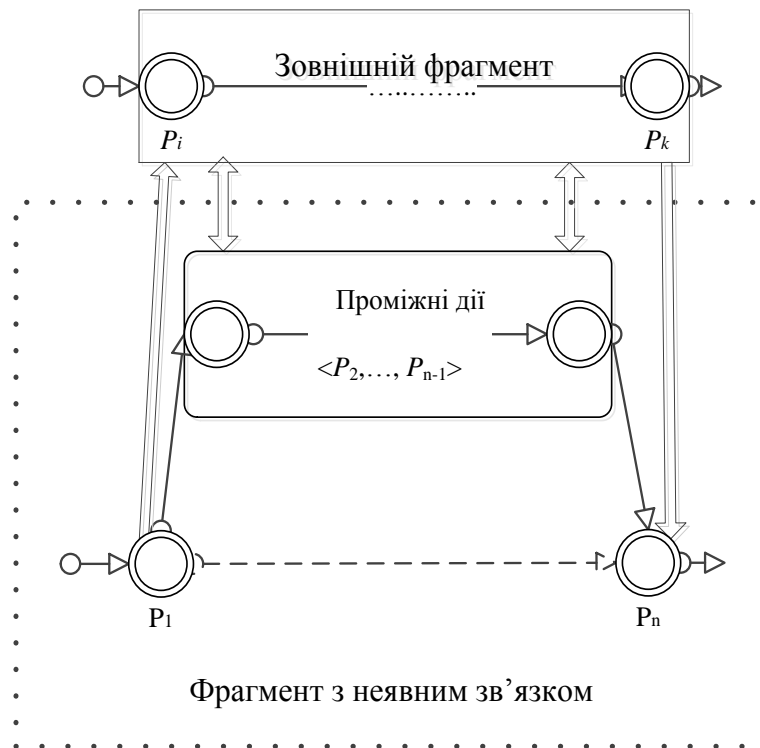


Рисунок 3 – Узагальнена схема конструкції неявного вибору у взаємодії з іншими фрагментами представлення знань у вигляді процесу

Алгебро-логічна модель узагальненої конструкції неявного вибору має вигляд:

$$\left(\bigwedge_{i=1, n} P_1(p_i, p_{i+1}) \right) P_1(p_1, > pp) P_1(> pp, p_2) P_1(p_2, > pp) \wedge \\ \wedge P_1(p_{n-1}, pp >) P_1(pp >, p_{n-1}) P_1(pp >, p_n) P_1'(p_1, p_n) = 1. \quad (6)$$

У **третьому розділі** описано предикатні моделі неявних зв'язків за входом і виходом при процесному представленні знань між процесом і зовнішнім підпроцесом та предикатну модель непрямих зв'язків між подіями, що відображають дії у процесному представленні знань.

Вирішується задача вилучення і формалізації знань про неявні зв'язки, що лежать в основі конструкцій неявного вибору. Це потребує побудови моделей неявних зв'язків, моделей непрямих зв'язків як основного елемента неявних зв'язків, а також способу знаходження прихованих зв'язків.

Моделі неявних і непрямих зв'язків служать основою для способу знаходження конструкцій неявного вибору. Розроблений спосіб представлено у вигляді реляційної мережі, яка виконує паралельну обробку ознак неявних зв'язків зазначених типів, а також ознак непрямих зв'язків зі списку подій.

Визначення 2. Під непрямим зв'язком між подіями P_1 і P_n будемо розуміти зв'язок через проміжні дії або через дії зовнішнього процесу, що має такі ознаки:

- послідовність проміжних дій не містить їх циклічного повторення;
- проміжні дії не можуть починатися раніше початкової дії;
- проміжні дії не можуть завершуватися пізніше кінцевої дії.

Неявний зв'язок являє собою непрямий зв'язок із набором додаткових властивостей. Непрямий зв'язок відбиває неявні знання про процес.

Сформулюємо набір умов, що визначають зв'язок типу 1 (рис. 4): виходи зовнішнього підпроцесу – входи аналізованого фрагмента.

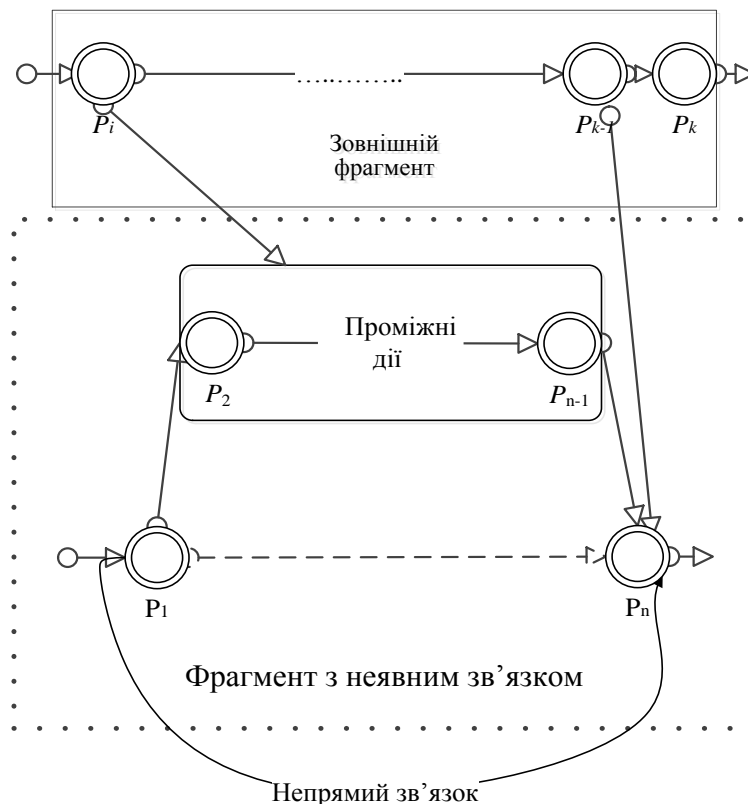


Рисунок 4 – Неявний зв'язок типу 1

1. Між початковою p_1 і кінцевою p_n подіями досліджуваного фрагмента відсутній явний зв'язок:

$$P_1(p_1, p_n) = 0, \quad (7)$$

де P_1 – предикат наявності явного зв'язку.

2. У початковій дії фрагмента p_1 в наявній моделі є тільки один вихід, який є входом для дії $p_j, j = \overline{2, n-1}$:

$$P_1(p_1, p_2) = 1, \quad (8)$$

3. У проміжній дії розглянутого фрагмента є другий вхід, який є спільним для кінцевої дії:

$$P_1(p_j, p_n) = 1, \quad (9)$$

4. Загальний для дій p_j і p_n вхід є результатом роботи дії p_k , яка належить до іншої ситуації даного процесу чи інших підпроцесів:

$$P_1(p_k, p_j) \wedge P_1(p_k, p_n) = 1. \quad (10)$$

5. Зовнішня по відношенню до аналізованого фрагмента подія p_k (узагальнюючи – весь зовнішній підпроцес) не пов'язана з початковою дією p_1 по входу – виходу:

$$P_1(p_k, p_1) \vee P_1(p_1, p_k) = 0. \quad (11)$$

6. Між діями p_1 та p_n є непрямий зв'язок:

$$P_1'(p_1, p_n) = 1. \quad (12)$$

Формально модель неявного зв'язку цього типу має такий вигляд:

$$\begin{aligned} P_1 = & \overline{P_1}(p_1, p_n) P_1(p_1, p_2) (P_1(p_1, p_2) \vee P_1(p_1, p_3) \vee \dots \vee P_1(p_1, p_{n-1})) \wedge \\ & \wedge P_1(p_j, p_n) P_1(p_k, p_j) P_1(p_k, p_n) (\overline{P_1}(p_k, p_1) \vee P_1(p_1, p_k)) P_1'(p_1, p_n) = \\ & \overline{P_1}(p_1, p_n) P_1(p_1, p_2) (P_1(p_1, p_2) \vee P_1(p_1, p_3) \vee \dots \vee P_1(p_1, p_{n-1})) \wedge \\ & \wedge P_1(p_j, p_n) P_1(p_k, p_j) P_1(p_k, p_n) \overline{P_1}(p_k, p_1) \overline{P_1}(p_1, p_k) P_1'(p_1, p_n) = 1. \end{aligned} \quad (13)$$

Модель представлення непрямого зв'язку між діями p_i і p_j процесу має вигляд такого предиката:

$$\begin{aligned}
& P_1'(p_i, p_j)(\overline{P_1'}(p_i, p_j) \vee \overline{P_1'}(p_i, p_j))(\forall p_k, k = i+1, j-1 \\
& \quad (\overline{P_1}(pp, p_i)) \vee (\overline{P_1}(pp, p_k))) \wedge \\
& \quad \wedge (\forall p_k, k = i+1, j-1 (\overline{P_1}(p_k, pp)) \vee (\overline{P_1}(p_j, pp))) = 1.
\end{aligned} \tag{14}$$

Отримана предикатна модель представлення непрямого зв'язку між діями в списку подій процесу дозволяє обґрунтовано визначити неявний зв'язок, що є необхідною умовою для розробки способу знаходження конструкцій неявного вибору.

Розроблений спосіб базується на алгебро-логічній моделі узагальненої конструкції неявного вибору, а також предикатних моделях неявних зв'язків між діями процесу і предикатній моделі представлення непрямого зв'язку між подіями, що відображають дії процесу.

Спосіб включає в себе таку послідовність кроків:

1) вибір фрагмента процесу представляється у вигляді реляційної мережі або предиката;

2) знаходження підмножини можливих неявних зв'язків за входом в кінцеву дію фрагмента;

3) знаходження підмножини зв'язків виходу початкової дії фрагмента;

4) уточнення отриманих підмножин можливих неявних зв'язків на основі аналізу списку подій процесу та знаходження непрямих зв'язків між шуканими подіями;

5) одержання результуючої множини конструкцій неявного вибору шляхом виконання операції перетину множин можливих непрямих зв'язків, отриманих на попередніх етапах.

Спосіб представлено у вигляді реляційної мережі, що забезпечує паралельний пошук конструкцій неявного вибору різних типів за заданим набором ознак неявних і непрямих зв'язків.

У четвертому розділі реалізовано та експериментально перевірено запропоновані у попередніх розділах моделі і теоретичні підходи.

Метою виявлення неявних знань при їх процесному представленні є доповнення моделі процесу неявними залежностями, які впливають на вибір послідовності дій процесу. У такому випадку послідовність вибору між подіями не відображена в моделі, що свідчить про спотворене (неповне) представлення знань у даній предметній області. Доповнення існуючої моделі неявними зв'язками базується на перетворенні прихованих знань в явну форму і дозволяє повністю формалізувати ситуації вибору дій процесу.

Вирішення розглянутої задачі потребує виконання трьох підзадач:

– розробка і реалізація механізму знаходження неявних залежностей при процесному представленні знань;

- розробка структури процесної бази знань;
- експериментальна перевірка отриманих теоретичних результатів шляхом пошуку неявних залежностей з використанням моделі та логу подій реального процесу.

Перша підзадача полягає в реалізації запропонованого в розділі 3 методу знаходження конструкцій з неявними зв'язками у вигляді реляційної мережі. У такому випадку реляційна мережа формалізує деякий «фільтр», вхідними параметрами якого є параметри моделі та логу подій процесу. Мережа виконує аналіз ознак згідно з моделями неявних і непрямих зв'язків із розділу 4 і видає результат, який свідчить про наявність або відсутність неявних залежностей.

Друга підзадача полягає у формуванні структури бази процесних знань, що забезпечує можливість знаходження неявних залежностей і, відповідно, конструкцій неявного вибору. Така база знань має багаторівневу структуру, яка передбачає використання представленого у розділі 2 процесного підходу до виявлення неявних знань. Також база процесних знань повинна забезпечувати взаємодію з базою даних, що містять записи подій, які відбуваються при виконанні представлених у базі знань процесів.

Третя підзадача полягає в програмній реалізації розробленої у розділі 4 реляційної мережі і структури бази знань, а також експериментальній перевірці їх працездатності на прикладі реального процесу. Наявність непрямого зв'язку між подіями є необхідною умовою для неявних залежностей. Пошук таких залежностей реалізується за допомогою реляційної мережі, представленій на рис. 5.

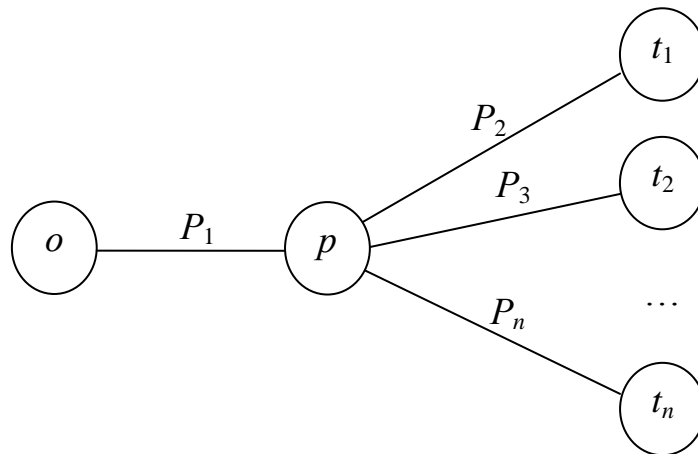


Рисунок 5 – Реляційна мережа пошуку послідовності подій

Результати роботи цієї реляційної мережі використовуються як вхідні для отриманих чотирьох реляційних мереж пошуку неявних зв'язків різних типів. Перша з них наведена на рис. 6.

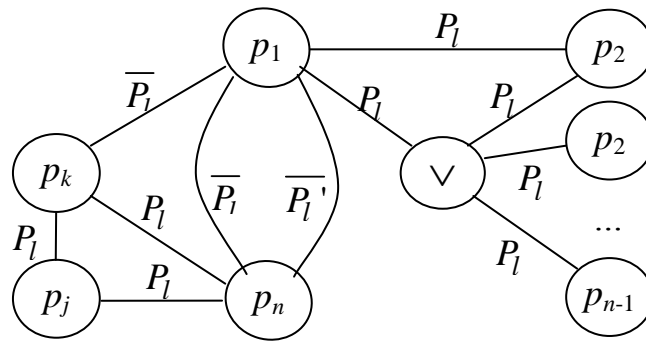


Рисунок 6 – Реляційна мережу пошуку неявних зв'язків першого типу

Результати роботи всіх чотирьох реляційних мереж є вхідними для моделі знаходження конструкції неявного вибору (рис. 7).

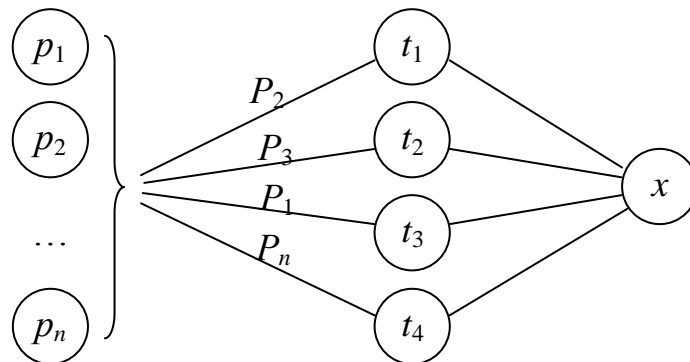


Рисунок 7 – Реляційна мережа знаходження конструкції неявного вибору

У цьому розділі для проведення експериментальної перевірки отриманих теоретичних результатів розроблено програмний модуль знаходження неявних зв'язків при процесному представленні знань.

Process models with implicit dependencies

Logs Processes Patterns

Process ID	Process Name
5001	Simulated proces...
5002	Simulated proces...
5003	Simulated proces...
5004	Simulated proces...
5005	Simulated proces...

Task ID	Task order number	Branch Number	Branch True/Fal	Task Name	Task Type Id	Time Stamp
54136	600	348	True	Register	41	01.01.1970 7:36
54137	468	313	False	Analyze Defect	42	01.01.1970 7:36
54138	675	460	False	Analyze Defect	42	01.01.1970 7:44
54139	983	535	True	Repair (Simple)	45	01.01.1970 7:56
54140	836	444	False	Repair (Simple)	45	01.01.1970 8:03
54141	231	804	False	Test Repair	46	01.01.1970 8:03
54142	31	371	True	Test Repair	46	01.01.1970 8:13

Create

Рисунок 7 – Послідовність подій при процесному представленні знань

Модуль забезпечує імпорт файлів логів, виявлення пар дій, між якими існує непрямий зв'язок, введення (завантаження) моделі процесу; знаходження непрямих зв'язків і конструкцій непрямого вибору, що їх містять. Експериментальна перевірка дозволила підтвердити достовірність отриманих теоретичних результатів.

У додатках наведено акти впровадження теоретичних і практичних результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Проведені в рамках дисертаційної роботи дослідження характеризуються розв'язанням актуальної науково-практичної задачі виявлення та формалізації неявних знань, які при процесному представленні мають вигляд неявних зв'язків, що впливають на вибір послідовності дій процесу.

Автором одержано такі наукові та практичні результати:

1. Нова алгебро-логічна модель узагальненої конструкції неявного вибору при процесному представленні знань, яка формалізує у вигляді предикатів неявний зв'язок, викликаний взаємним впливом поточного фрагмента процесу на зовнішню його частину, що дозволяє зробити явним прихований вибір між подіями процесу.

2. Нові предикатні моделі неявних зв'язків при процесному представленні знань, які охоплюють чотири типи зв'язків за входом-виходом при паралельному виконанні розглянутого фрагмента процесу та його під процесів, що забезпечує можливість виявлення неявних зв'язків і подальшого доповнення моделі процесу.

3. Удосконалена предикатна модель непрямих зв'язків між подіями, що відображають дії у процесному представленні знань, яка, на відміну від існуючих, базується на структуризації основних видів взаємозв'язків між подіями: послідовні події, відсутність циклів, відсутність загальних вхідних і вихідних подій. Модель дозволяє виявити непрямі зв'язки між подіями як необхідну умову неявних зв'язків процесу.

4. Розвинені моделі типових ситуацій неявного вибору при представленні знань у вигляді логічних мереж. Запропоновані моделі деталізують причинно-наслідкові зв'язки між подіями при реалізації неявного вибору. Виконання дії в ситуаціях неявного вибору відображається в логічних мережах у вигляді послідовності зміни їх станів, що дозволяє співвіднести їх з послідовністю станів у журналі реєстрації подій процесу.

5. Набір логічних мереж виявлення неявних залежностей при процесному представленні знань, який реалізує запропонований спосіб знаходження конструкцій з неявними зв'язками в процесному представленні знань і дозволяє виявити непрямі зв'язки на основі списку подій процесу, а також неявні залежності чотирьох розглянутих типів на основі виявлених непрямих зв'язків.

6. Структура дворівневої процесної бази знань, що включає рівні опису

сукупності процесів, а також окремих процесів, що дозволяє реалізувати дворівневу структуру логічного висновку, поєднуючи переваги традиційного виведення і моделювання процесів.

7. Програмний модуль знаходження неявних зв'язків, експериментальна перевірка отриманих теоретичних результатів показала, як доповнити модель процесу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Голян Н.В. Алгебро-логические модели конструкций неявного выбора в бизнес-процессах / Н.В. Голян, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Системи обробки інформації. – 2011. – Вып. 8(98). – 2011. – С. 275–278.

2. Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Предикатные модели неявных связей между процедурами бизнес-процесса / Н.В. Голян, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Бионика интеллекта. – 2012. – Вып. 3(77). – С. 46–49.

3. Голян Н.В. Алгебрологические модели обобщенной конструкции неявного выбора в бизнес-процессах / Н.В. Голян, В.Б. Шостак, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко, С.С. Пелешенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2012. – Вып. 1(21). – Т2. – С. 137–139.

4. Голян Н.В. Предикатные модели представления не прямых связей между процедурами в бизнес процессах / Н.В. Голян, В.В. Голян, С.С. Пелешенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 3/2(57). – С. 64–67.

5. Голян Н.В. Интеллектуальные методы выявления фрагментов в бизнес-процессах / Н.В. Голян, В.В. Голян, О.В. Калениченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2012. – Вып. 5(21) – С. 206 – 209.

6. Голян Н.В. Приложение экспертной системы к автоматической генерации кода при разработке бизнес-процесса / Н.В. Голян, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2012. – Вып. 4(20). – С. 216–220.

7. Golyan N. Effective constructive models of implicit selection in business processes / N. Golyan, V. Golyan, O. Kalynychenko // International Journal “Information Theories and Applications”. – 2011. – Vol. 18, Number 4. – P. 380–389.

8. Голян Н.В. Применение продукционной модели представления знаний при проектировании программных систем / Н.В. Голян // Сучасні напрямки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: друга Міжнар. техн. конф., матер. конф. – Київ-Харків, 2011. – С. 58.

9. Голян Н.В. Извлечение требований к разработке мобильных приложений с использованием бизнес-моделей / Н.В. Голян, В.В. Бобровська // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 16-й Междунар. молодеж. форум, 15–16 грудня 2011 р.: тези доп. – Харків, 2011. – С. 194–195.

10. Голян Н.В. Предикатные модели неявных связей между процедурами бизнес-процесса // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 16-й Междунар. Молодеж. форум, 2012. – С. 142–143.

АНОТАЦІЯ

Голян Н.В. Предикатні моделі неявних зв'язків при процесному представленні знань. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту. – Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Харків, 2013.

Мета дисертаційного дослідження – розробка моделей представлення прихованих залежностей при процесному представленні знань з тим, щоб забезпечити можливість обґрунтованого вибору дій процесу на основі перетворення прихованих знань в явні. Основні результати: розроблено алгебро-логічну модель узагальненої конструкції неявного вибору при процесному представленні знань, яка формалізує у вигляді предикатів неявний зв'язок, викликаний взаємним впливом поточного фрагмента процесу на його зовнішню частину процесу. Отриманий неявний зв'язок дозволяє зробити явним прихований вибір між подіями процесу і тим самим підвищити адекватність моделі процесу. Розроблено предикатні моделі неявних зв'язків за входом і виходом між поточним фрагментом процесу і підпроцесом, що виконується паралельно при процесному представленні знань. Ці моделі задають необхідні і достатні набори умов для знаходження неявних зв'язків і тим самим забезпечують можливість їх виявлення і наступного доповнення моделі процесу. Отримано предикатну модель непрямих зв'язків між подіями, що відображають дії процесу. Модель містить основні ознаки зв'язку між подіями на основі відповідних послідовностей подій (послідовні події, відсутність циклів, відсутність загальних вхідних і вихідних подій). Модель забезпечує знаходження необхідної умови для існування неявних зв'язків між подіями процесу. Удосконалено моделі типових ситуацій неявного вибору при представленні знань у вигляді процесів. На відміну від існуючих, запропоновані моделі відображають неявний вибір через неявні зв'язки на основі реляційних мереж через послідовності зміни їх станів, що дозволяє співвіднести їх з послідовністю подій, що відображають виконання дій процесу.

Ключові слова: неявний вибір, непрямий зв'язок, бізнес-процес, реляційна мережа, логічне рівняння, процесна база знань, алгебра скінченних предикатів.

АННОТАЦИЯ

Голян Н.В. Предикатные модели неявных связей при процессном представлении знаний. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.23 – системы и средства искусственного интеллекта. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники Министерства

образования и науки, молодежи и спорта Украины, Харьков, 2013.

Цель диссертационного исследования – разработка моделей представления скрытых зависимостей при процессном представлении знаний с тем, чтобы обеспечить возможность обоснованного выбора действий процесса на основе преобразования скрытых знаний в явные. В работе на основе сравнительного анализа методов представления знаний выделены основные особенности процессного представления знания и обоснована возможность формализации такого представления средствами алгебры конечных предикатов. Показана актуальность выявления неявных знаний, которые при процессном представлении имеют вид неявных связей, влияющих на выбор последовательности действий процесса. Разработанные в диссертации модели представления конструкций неявного выбора, а также неявных связей позволили построить реляционные сети поиска неявных связей. Последние предназначены для реализации в мозгоподобных компьютерах. Предложены модели типовых ситуаций неявного выбора в виде логических сетей. Указанные модели детализуют причинно-следственные связи между действиями при реализации неявного выбора. Выполнение действия в ситуациях неявного выбора отражается в логических сетях в виде последовательности смены их состояний, что позволяет соотнести их с последовательностью состояний в журнале регистрации событий процесса. Разработана алгебро-логическая модель обобщенной конструкции неявного выбора, которая формализует в виде предикатов неявную связь, вызванную взаимным влиянием текущего фрагмента процесса на внешнюю часть процесса, что позволяет сделать явным скрытый выбор между действиями процесса. Разработаны предикатные модели неявных связей, которые охватывают четыре типа связей по входу-выходу при параллельном выполнении рассматриваемого фрагмента процесса и иных его подпроцессов. Разработанные модели обеспечивают возможность выявления неявных связей и последующего дополнения модели процесса. Получена предикатная модель не прямых связей между событиями, отражающими действия процесса, которая основана на структуризации основных видов взаимосвязей между событиями (последовательные события, отсутствие циклов, отсутствие общих входных и выходных событий). Данная модель позволяет выявить не прямые связи между событиями как необходимое условие неявных связей между соответствующими процедурами. Разработан набор логических сетей обнаружения неявных зависимостей при процессном представлении знаний. Предложенный набор сетей реализует предложенный способ нахождения конструкций с неявными связями в процессном представлении знаний и позволяет выявить не прямые связи на основе списка событий процесса, а также неявные зависимости четырех рассмотренных типов на основе обнаруженных не прямых связей. Разработана структура двухуровневой процессной базы знаний, включающая в себя уровни описания совокупности процессов, а также отдельных процессов, что позволяет реализовать двухуровневую структуру логического вывода, совмещая преимущества традиционного вывода и

моделирования процессов. Разработан программный модуль нахождения неявных связей и выполнена экспериментальная проверка полученных теоретических результатов. Результаты диссертационной работы внедрены в сфере разработки программного обеспечения. Разработанный программный модуль нахождения скрытых связей был использован для выявления скрытых зависимостей в процессах тестирования программного обеспечения. Результаты, полученные в ходе данного диссертационного исследования, нашли свое практическое применение в ПАО «Харьковский машиностроительный завод «Свет шахтера»» для улучшения качества обработки информации в задачах моделирования бизнес-процессов; сокращения объема ручной работы и времени формирования пакетов учебных материалов для компьютеризированных обучающих систем и переподготовки кадров организации (акт внедрения от 25.12.2012 г.). Теоретические результаты диссертации были использованы в учебном процессе на кафедрах программной инженерии и прикладной математики ХНУРЭ при подготовке курсов лекций «Теория интеллекта» и «Алгебраическая логика» для специальности «Программная инженерия» (акт внедрения от 25.09.2012 г.).

Ключевые слова: неявный выбор, непрямая связь, бизнес-процесс, реляционная сеть, логическое уравнение, процессная база знаний, алгебра конечных предикатов.

ABSTRACT

Golyan N.V. Predicative model of implicit relations in process knowledge representation. – As a Manuscript.

PhD thesis (candidate of technical sciences` degree) in speciality 05.13.23 – systems and artificial intelligence means. – Kharkiv National University of Radio Electronics of the Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine, Kharkiv, 2013.

The aim of the research is developing models of implicit relations in representing the process about knowledge to allow an informed choice of an action-based process for transforming implicit knowledge into explicit one. Main results: an algebraic-logical model of the generalized design of implicit choice has been developed which formalizes the implicit relation in the form of predicates that is caused by the mutual influence of the current process fragment on the outside of the process, which enables to make the implicit choice explicit one between the process actions. The developed models provide a possibility of revealing the implicit relations and subsequent complementing of the process model. The developed models make it possible to identify the implicit and the subsequent additions process model. The model obtained allows to reveal indirect relations between events as a necessary condition of implicit relations between appropriate procedures. A set of logical networks of revealing implicit relations in the process knowledge representation has been developed. The model contains the main peculiarities of relations between actions on the basis of appropriate sequences of events (subsequent events absence of

cycles, absence of common input and output events). The model provides necessary conditions for existing implicit relations between the processes. Unlike the existing models, the models suggested represent implicit choice through implicit relations based on relational networks through a sequence of changes in them, allowing them to correlate with the sequence of the events that represent the process steps.

Keywords: implicit choice, indirect communication, business process, relational network, logical equations, process knowledge base, algebra of finite predicates.

Відповідальний випусковий Машталір В.П.

Підп. до друку 00.02.13. Формат 60x84 1/16. Спосіб друку – ризографія.
Умов. друк. арк. 0,9. Облік. вид. арк. 1,2. Тираж 100 прим.
Зам. № Ціна договірна.

ХНУРЕ, 61166, Харків, просп. Леніна, 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
61166, Харків, просп. Леніна, 14