

*Олег Заріцький***ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ БАЗОВИХ ПРАВИЛ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ***Олег Заріцький***ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ БАЗОВЫХ ПРАВИЛ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ***Oleg Zaritskyi***THEORETICAL BASIS OF STANDARDIZING OF BASIC RULES OF EXPERT SYSTEM OF PROFESSIONAL ACTIVITY ANALYTICAL ESTIMATION**

*Представлено результати формалізації теоретичних принципів розроблення шаблонів правил експертної системи класифікації та аналітичного оцінювання професійної діяльності з використанням декларативної мови програмування – CLIPS.*

**Ключові слова:** *аналіз роботи, оцінювання професійної діяльності, експертна інформаційна система, декларативна мова програмування, CLIPS.*

*Рис.: 1. Бібл.: 9.*

*Представлены результаты формализации теоретических принципов разработки шаблонов правил экспертной системы классификации и аналитической оценки профессиональной деятельности с использованием декларативного языка программирования – CLIPS.*

**Ключевые слова:** *анализ работы, оценка профессиональной деятельности, экспертная информационная система, декларативный язык программирования, CLIPS.*

*Рис.: 1. Библ.: 9.*

*In the article the results of theoretical principal of development of professional activity qualification and analytical estimation expert information system using declarative programming language - CLIPS are presented.*

**Key words:** *job analysis, professional activity estimation, expert information system, declarative programming language, CLIPS.*

*Fig.: 1. Bibl.: 9.*

**Постановка проблеми.** Теоретичні основи формалізації структури експертної системи класифікації та аналітичної оцінки професійної діяльності, розглянуті в роботі [1], дозволили зробити висновки щодо актуальності питання розроблення зазначених інформаційних систем, заснованих на правилах, що обумовлено слабкою формалізацією сутностей, які описують варіативну частину моделі професійної діяльності [2].

Основними завданнями в межах розроблення експертної системи в будь-якій галузі, у тому числі і для задач класифікації та аналітичного оцінювання професійної діяльності, є завдання розроблення відповідної бази знань, механізмів її наповнення та інтеграції блока робочої пам'яті з модулем алгоритмів роботи із сутностями, тобто інтеграція даних та алгоритмів, реалізованих на різних засадах: імперативних та декларативних мовах програмування.

Питання розроблення баз знань та механізмів їх наповнення детально розглянуті в роботах [3–5], а самі бази знань у частині їх сутностей для проектування експертної системи класифікації та аналітичної оцінки професійної діяльності представлені в дослідженнях [6–9], в яких формалізовані інформаційні моделі базових структурних елементів моделі професійної діяльності. Тобто відкритим залишається питання формалізації підходів щодо розроблення правил експертної системи з використанням існуючих декларативних мов програмування.

Проблема полягає у відсутності формалізації як безпосередньо самих правил, які активуються відповідними фактами у процесі аналітичного оцінювання професійної діяльності, так і шаблонів правил, як теоретичної основи побудови зазначених інформаційних систем.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Практично всі роботи за напрямком розробки експертних систем, присвячені загальним підходам і принципам побудови сис-

тем такого класу. Робота [3] є класичною теоретичною роботою, в якій розглянуто і формалізовано базові принципи побудови експертних систем. Велику увагу автор приділив також механізмам набуття знань та особливостям розробки архітектур інформаційних систем, заснованих на знаннях.

Робота [4] також присвячена класичній теорії експертних систем, їх розроблення та формалізації знань. У роботі розглянуто два основні напрямки: безпосередньо експертні системи та їх місце в загальному обсязі комп'ютерних наук та практичне питання використання декларативних мов програмування, а саме мова програмування – CLIPS. Також автор представив новий засіб реалізації програмування за допомогою об'єктно-орієнтованої мови програмування COOL. Окремий розділ присвячений тематиці штучного інтелекту.

Оскільки експертні системи на початку свого розвитку розроблялися як науково-дослідні інструментальні засоби та розглядалися як штучний інтелект, призначений для вирішення складних завдань у вузьких предметних галузях знань, таких як, наприклад, медицина, широке розповсюдження знайшли роботи, присвячені медичній діагностиці. Прикладом такої роботи є [5], в якій окремим розділом розглядаються питання саме завдань медичної діагностики.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Таким чином, розглянуті наукові роботи не висвітлюють таку предметну галузь, як професійна діяльність, а також окремі її аспекти в частині класифікації та аналітичної оцінки. По-перше, це пов'язано з відсутністю глибоких теоретичних досліджень у цій галузі, по-друге – відсутня формалізація необхідних баз знань.

У роботі [6] розглянуто загальні питання представлення та оброблення даних в експертних системах вже конкретної предметної галузі – професійна діяльність з урахуванням результатів попередніх досліджень структурних та інформаційних моделей. Однак питання формалізації правил, а особливо теоретичних основ розроблення їх шаблонів залишається відкритим, саме цьому питанню присвячена робота.

**Мета статті.** Метою статті є висвітлення результатів формалізації теоретичних принципів розроблення шаблонів правил експертної системи класифікації та аналітичного оцінювання професійної діяльності з використанням декларативної мови програмування – CLIPS.

**Виклад основного матеріалу.** База знань зберігає правила, які активуються машиною логічного виводу залежно від фактів, які надійшли з базової моделі професійної діяльності [2], та на основі яких машина могла б сформувати міркування. В подальшому викладені матеріалу будемо керуватися термінологією мови CLIPS, у зв'язку з вільним поширенням її коду та синтаксисом, який характерний для багатьох поширених мов експертних систем.

Основною одиницею будь-якої експертної системи є факт. Факт складається з назви відношення (символьне поле), за яким вказуються від нуля і більше слотів (символьних полів) та пов'язаних з ними значеннями. Як вихідні дані для розроблення шаблонів правил будемо використовувати дані щодо сутності «Компетенція» [7; 8] як найбільш неформалізованої в моделі професійної діяльності. Узагальнений формат факту наведений нижче.

(Ім'я (Слот 1)  
(Слот 2)  
.....  
(Слот n))

Використовуючи структурну модель компетенцій (варіативна частина повної моделі) [2], узагальнений формат факту може бути представлений таким чином.

(*Ім'я компетенції (Кластер \_\_\_\_\_)*)  
 (*Компетенція \_\_\_\_\_*)  
 (*Рівень \_\_\_\_\_*)  
 (*Індикатори поведінки \_\_\_\_\_*))

Структура фактора в частині слотів збігається зі структурою структурної моделі в частині атрибутів та їх назв, що спрощує побудову конструкцій на мові інтерпретатора команд CLIPS.

Перед тим як з'явиться можливість створити факт, інтерпретатор CLIPS необхідно сповістити про те, яким є список допустимих слотів для відношень із вказаним ім'ям. Описання факторів здійснюється за допомогою конструкції – `deftemplay`, як наведено в прикладі нижче.

```
(deftemplay <Ім'я компетенції> ["опціональний коментар"]
  (slot Кластер)
  (slot Компетенція)
  (multislot Рівень1 .... Рівень n)
  (multislot Індикатори поведінки 1)
  .....
  (multislot Індикатори поведінки n))
```

Припустимо, що слоти факту, які були задані за допомогою ключового слова «**slot**» у відповідних ім конструкціях `deftemplay`, описують тільки одне значення, такі слоти називаються однозначними слотами.

Так перші два слоти можуть мати формат цілого числа або строкової змінної, тобто кластер і компетенція можуть бути описані відповідним номером або конкретною назвою відповідного атрибута. Третій слот має формат декількох цілих чисел, оскільки описує рівні компетенції, виражені в порядковій шкалі вимірювання (деякі компетенції можуть описуватися декількома шкалами). Останній слот, який описує приклади поведінки (доволі складні конструкції), є багатозначним слотом, тому в конструкції описується ключовим словом – **multislot**, як і попередній.

Враховуючи попередні дослідження щодо моделі компетенції [9], яка використовується в межах дослідження, розробленню підлягають 14 форматів фактів. Конкретна кількість фактів буде залежати від моделі компетенції, яка буде використовуватися експертами під час розроблення інформаційної технології.

Експертна система може виконувати змістовну роботу тільки в тому випадку, коли в ній наявні не тільки факти, але й правила, які активуються та обробляються машиною логічного виводу. Конструкція правила в загальному вигляді представлена нижче.

```
(defrule <ім'я правила> ["опціональний коментар"]
  (<Ім'я компетенції> (<Значення слота>))
  =>
  (assert (<Ім'я компетенції> (<Значення слота>))))
```

Заголовок правила складається з трьох частин. Правило починається з ключового слова **defrule**, за яким вводиться назва правила для його подальшої ідентифікації. За заголовком правила вказуються умовні елементи (conditional element – CE), простішим з яких є умовний елемент шаблону. Якщо шаблони правила не суперечать активним фактам, правило активується і переміщується з бази знань у робочий список правил машини логічного вводу.

Останньою частиною правила є список дій, які необхідно виконати у разі активації правила. У прикладі наведено оператор `assert`, який активує інший факт системи.

Графічно фрагмент алгоритму роботи машини логічного виводу представлений на рисунку.

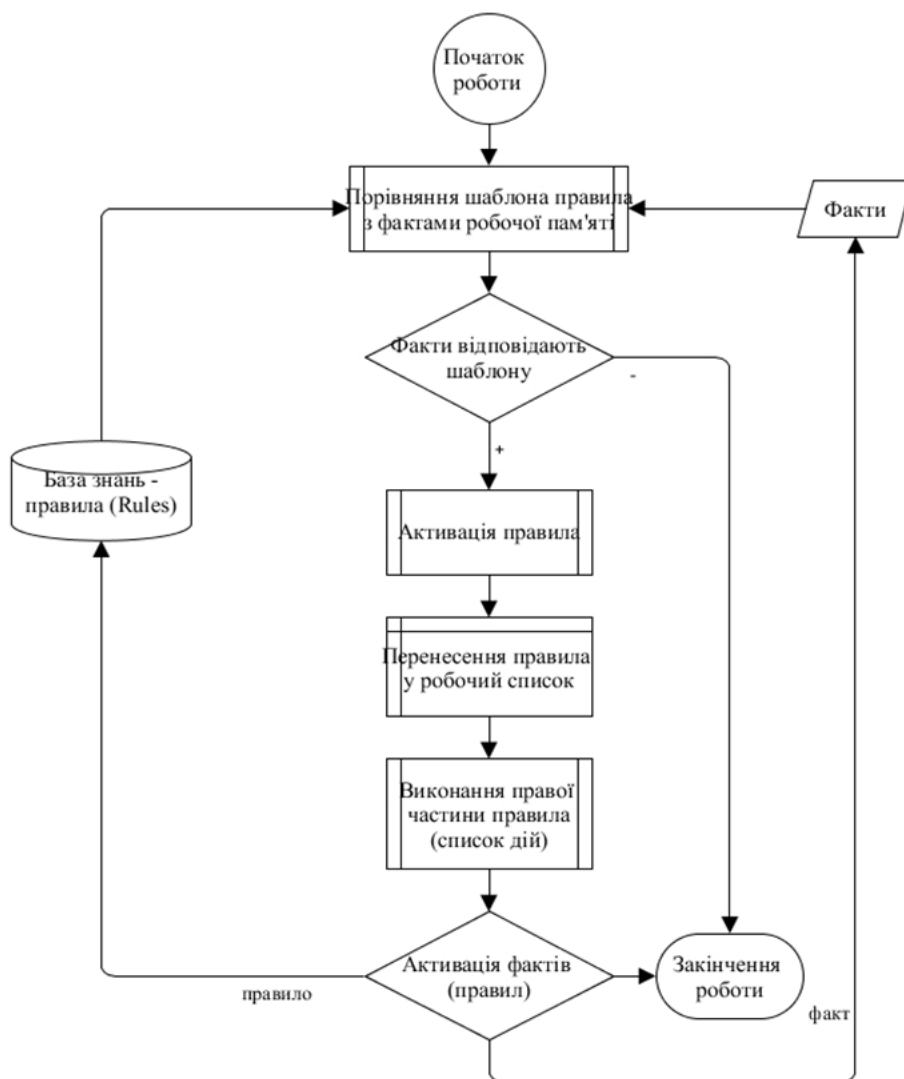


Рис. Фрагмент алгоритму роботи машини логічного виводу експертної системи

Шаблон правила для сутностей інформаційної моделі компетенцій представлений нижче.

```

(defrule <ім'я правила> ["опціональний коментар"]
  (<Ім'я компетенції >
   (Кластер <Значення>
    (Компетенція <Значення> )
    (Рівень <Значення 1> <Значення 2> <Значення 3> )
    (Індикатори поведінки 1 <Значення>
     .....
     (Індикатори поведінки n <Значення>)))
  =>
  (assert (<Ім'я компетенції >
           (Кластер <Значення>
            (Компетенція <Значення> )
            (Рівень <Значення 1> <Значення 2> <Значення 3> )
            (Індикатори поведінки 1 <Значення>
             .....
             (Індикатори поведінки n <Значення>))))))
    
```

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

На прикладі наведено ситуацію встановлення значень атрибутів певної компетенції у разі активації відповідного правила іншою компетенцією, яка представлена в системі як факт та має визначений пороговий рівень кореляції з компетенцією активації [9].

Оскільки в системі передбачається встановлення певних фактів у базовій моделі, то активація компетенцій, або певних сутностей, може відбуватися також певними значеннями атрибутів сутностей базової моделі [2]. У загальному вигляді шаблони таких активацій представлені нижче.

```
(defrule <ім'я правила> ["опціональний коментар"]
  (<Ім'я сутності >
   (Атрибут 1 <Значення>)
   (Атрибут 2 <Значення> )
   (Атрибут 3 <Значення> )
   .....
   (Атрибут n <Значення>)))
=>
(assert (<Ім'я компетенції >
  (Кластер <Значення>)
  (Компетенція <Значення> )
  (Рівень <Значення 1> <Значення 2> <Значення 3> )
  (Індикатори поведінки 1 <Значення>)
  .....
  (Індикатори поведінки n <Значення>))))

(defrule <ім'я правила> ["опціональний коментар"]
  (<Ім'я сутності >
   (Атрибут 1 <Значення>)
   (Атрибут 2 <Значення> )
   (Атрибут 3 <Значення> )
   .....
   (Атрибут n <Значення>)
  ))
=>
(assert (<Ім'я сутності >
  (Атрибут 1 <Значення>)
  (Атрибут 2 <Значення> )
  (Атрибут 3 <Значення> )
  .....
  (Атрибут n <Значення>)
  ))
```

Розроблення змісту конкретних сутностей та правил активації машини логічного виводу передбачає дослідження зв'язків між сутностями моделі професійної діяльності та визначення напрямку та сили кореляції. Практична реалізація змісту правил також буде залежати від конкретних моделей, наприклад, моделі компетенції, моделі комунікацій тощо, які будуть використовувати експерти предметної галузі.

**Висновки і пропозиції.** Розроблені у статті теоретичні підходи щодо структури та змісту фактів і правил експертної системи класифікації та аналітичної оцінки професійної діяльності з використанням синтаксису декларативної мови програмування CLIPS є основою для практичної реалізації та програмування зазначеної інформаційної технології з урахуванням конкретних структурних та інформаційних моделей професійної діяльності.

Для практичної реалізації правил необхідно здійснити дослідження величини кореляції між атрибутами сутностей моделі професійної діяльності. Активація правил, а саме їх умовних елементів (conditional element – CE) можлива при величині коефіцієнта кореляції не менше ніж 0,75.

### Список використаних джерел

1. Заріцький О. В. Теоретичні основи побудови експертних систем аналізу та оцінки професійної діяльності / О. В. Заріцький // Електроніка та системи управління. – 2015. – № 2 (44). – С. 103–106.
2. Заріцький О. В. Розробка математичної моделі професійної діяльності / О. В. Заріцький, В. В. Судік // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2016. – Вип. 1, № 4 (79). – С. 10–19.
3. Джексон П. Введение в экспертные системы / П. Джексон. – М. : Вильямс, 2001. – 393 с.
4. Джарратано Дж. Экспертные системы: принципы разработки и программирование : пер. с англ. / Дж. Джарратано, Г. Райли. – 4-е издание. – М. : Вильямс, 2007. – 1152 с.
5. Bryan S. Todd. An introduction to expert system. – Oxford : Oxford University Press, 1992. – 101 p.
6. Заріцький О. В. Представлення та обробка даних в експертних інформаційних системах оцінки професійної діяльності / О. В. Заріцький, В. В. Судік // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2016. – Вип. 1, № 2 (27). – С. 4–8.
7. Заріцький О. В. Структурний аналіз інформаційної моделі комунікацій в рамках розробки інформаційної технології оцінки професійної діяльності / О. В. Заріцький // Вісник інженерної академії України. – 2015. – № 3. – С. 105–109.
8. Заріцький О. В. Структурний аналіз інформаційної моделі кваліфікаційного рівня, необхідного для виконання роботи / О. В. Заріцький, В. В. Судік // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2015. – Вип. 5, № 2 (77). – С. 14–19.
9. Заріцький О. В. Дослідження взаємного впливу структурних елементів інформаційних моделей компетенцій та професійної діяльності / О. В. Заріцький // Технічні науки та технології. – 2016. – № 2 (4). – С. 81–90.

### References

1. Zaritskyi, O.V. (2015). Teoretychni osnovy pobudovy ekspertnykh system analizu ta otsinky profesiinoi diialnosti [Theoretical basis of professional activity analysis and estimation expert systems development]. *Elektronika ta systemy upravlinnia – Electronics and control systems*, no. 2 (44), pp. 103–106 (in Ukrainian).
2. Zaritskyj, O.V., Sudik, V.V. (2016). Rozrobka matematychnoi modeli profesiinoi diialnosti [Development of a mathematical model of professional activity]. *Shhidnoievropejskyj zhurnal peredovykh tekhnolohii – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, issue 1, no. 4 (79), pp. 10–19 (in Ukrainian).
3. Jacson, P. (2001). *Vvedenie v ekspertnye sistemy [An introduction to expert system]*. Moscow: Williams (in Russian).
4. Giarratano, J.C., Riley, G.D. (2007). *Ekspertnye sistemy printcipy razrabotki i programmirovaniye [Expert Systems: Principles and Programming]* (4<sup>th</sup> ed., translation from English). Moscow: Williams (in Russian).
5. Bryan S. Todd (1992). *An introduction to expert system*. Oxford: Oxford University Press.
6. Zaritskyj, O.V., Sudik, V.V. (2016). Predstavlennia ta obrobka danykh v ekspertnykh informatsiinykh systemakh otsinky profesiinoi diialnosti [Data presenting and processing in expert information system of professional activity analysis]. *Tekhnolohycheskyj audyt y rezervy proyzvodstva – Technology audit and production reserves*, issue 1, no. 2 (27), pp. 4–8 (in Ukrainian).
7. Zaritskyj, O.V. (2015). Strukturnyj analiz informatsijnoi modeli komunikatsij v ramkakh rozrobky informatsijnoi tekhnolohii otsinky profesiinoi diialnosti [Structural analysis of the information model of communication within the development of information technology evaluation of professional activity]. *Visnyk inzhenernoi akademii Ukrainy – Proceedings of the National Aviation University*, no. 3, pp. 105–109 (in Ukrainian).

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

8. Zaritskyi, O., Sudik, V. (2015). Strukturnyi analiz informatsiinoi modeli kvalifikatsiinoho rivnia, neobkhidnoho dlia vykonannya roboty [Structural analysis of the information model of the qualification level, necessary for fulfilling the job]. *Skhidnoievropejskyj zhurnal peredovykh tekhnolohii – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, issue 5, no. 2 (77), pp. 14–19 (in Ukrainian).

9. Zaritskyj, O.V. (2016). Doslidzhennia vzaiemnoho vplyvu strukturnykh elementiv informatsiinykh modelej kompetentsii ta profesiinoi diialnosti [Study of mutual influence of the structural elements of information models competences and professional activities]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, no. 2 (4), pp. 81–90 (in Ukrainian).

**Заріцький Олег Володимирович** – кандидат технічних наук, докторант кафедри засобів захисту інформації, Національний авіаційний університет (просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна).

**Зарицкий Олег Владимирович** – кандидат технических наук, докторант кафедры средств защиты информации, Национальный авиационный университет (просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03058, Украина).

**Zaritskyi Oleg** – PhD in Technical Sciences, Doctoral of Information Defense Means Department, National Aviation University (1 Komarova Av., 03058 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** olegzaritskyi@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6116-4426>