

только калибровка⁵³, так он относится к тем СИ, типы которых занесены в Государственный реестр средств измерительной техники, допущенных к применению в Украине и на которые не распространяется государственный метрологический надзор. Калибровка адаптивного УКИШ с индукционным датчиком типа TS100 с радиусом алмазной иглы 5 мкм по тестовому “профилю шероховатости, близкого к трапецеидальному” (терминология ГОСТ 19300-86, **ИСО 3274 - 75** и **ИСО 1880 - 79**), при вычислении R_a даёт предельные значения аддитивной и мультипликативной погрешности в начале (0,015 мкм) и в конце диапазона измерения (250,00 мкм) ординат шероховатости u_n , мкм порядка 5% и 3% соответственно, что не превышает предела допускаемой основной погрешности профилографов 1-й степени точности.

Выводи. Погрешности аналого-цифровых СОЭД с контактными индукционными датчиками, практически не подверженных воздействию электромагнитных полей, в том числе и оптического диапазона, их достаточно высокая надёжность и относительно невысокая стоимость, дают основания полагать о возможности их использования в цеховых условиях производства изделий APRAR, их испытаниях и последующей модернизации.

4.8 Середовище CLIPS розробки експертних систем малого бізнесу для планшетів

Актуальність. Прикладні продукційні системи займають важливе місце на ринку сучасних інтелектуальних систем. Використання таких систем в економічній діяльності надає такі стратегічні переваги як: підвищення конкурентоспроможності, інвестиційно-консалтингова допомога, краща організація робочого процесу, резервне копіювання знань ключових експертів, засіб для навчання нових співробітників, діагностику ключових аспектів, прогнозування економічних тенденцій. Продукційні системи мають важливе значення в сучасних умо-

53 Мирошніченко І.В. Обработка экспериментальных данных о профиле шероховатости поверхностей в аналого-цифровых системах с интегрированным измерительным каналом / И. В. Мірошніченко // Адаптивні системи автоматичного управління: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”. – 2013г.– Вип. 22(44). – С.12-21 2013.

вах ведення бізнесу⁵⁴. Особливо такий вплив відчутний в розвинених країнах з економікою заснованою на знаннях⁵⁵.

На стадії проектування таких систем необхідно оптимальним чином обрати програмні інструментарії їх реалізації. Наразі на ринку представлено багато засобів розробки і в той же час помилковий вибір одного з середовищ може зробити перспективний проект неможливим для реалізації⁵⁶. Вичерпний пошук та аналіз доступних на ринку продуктів це складний та коштовний процес. Додатковою складністю є постійний розвиток ринку спеціалізованих програмних засобів розробки продукційних систем.

Розвиток мобільних пристроїв поставив нові вимоги перед розробниками продукційних систем. З'явилася необхідність створення спеціалізованих програмних засобів, які забезпечать можливість роботи системи в умовах обмежених ресурсів пам'яті та сумісності між апаратними та програмними платформами.

Специфікою продукційних систем є необхідність забезпечення зручного інтерактивного інтерфейсу для роботи з користувачем та безпосереднього вводу даних. Саме тому, серед мобільних пристроїв для використання продукційних систем пріоритетними є планшети.

Для автоматизації вирішення прикладних задач доцільно використовувати готовий програмний інструментарій створення продукційних систем – обгортки. Обов'язковими компонентами таких є незаповнена база знань з заданими параметрами представлення записів та механізм виведення. Задачею розробника продукційної системи є наповнення бази знань інформацією, необхідною для логічного виведення в конкретній предметній області.

На ринку представлені як вільно поширювані так і комерційні обгортки продукційних систем, вартість яких може сягати десятків тисяч доларів.

Для представників малого бізнесу принциповими є вартості

54 G. Winn, B. Gopalakrishnan, M. Akladios та R. Premkumar, «Expert systems - what SH&E managers need to know about software verification and validation,» Professional Safety, № 50, 2005.

55 A. Vujovic, Z. Krivokapic та J. Jovanovic, «Artificial Intelligence Tools and Case Base Reasoning Approach for Improvement Business Process Performance,» 08 2012. [3 мережі]. Available: <http://www.intechopen.com/books/total-quality-management-and-six-sigma/artificial-intelligence-tools-and-case-base-reasoning-approach-for-improvement-business-process-perf>. [Дата звернення: 11 09 2014].

56 W. Geveter, «Standards for Evaluating Expert System Tools,» Expert Systems With Application, т. 2, pp. 259-367, 1991.

експертної системи, її використання та супроводу. Саме тому вибір обгортки, яка дозволить зменшити витрати на розробку та забезпечить сумісність з мобільними пристроями, є актуальною задачею.

Постановка задачі. В даній роботі обґрунтовано використання середовища CLIPS для створення мобільних продукційних систем для малого бізнесу. Запропоновано модифікацію даного середовища для використання на планшетах з обмеженими ресурсами оперативної пам'яті.

Концепція продукційної системи

Визначення продукції, що наводяться в різних джерелах, іноді суттєво відрізняються одне від одного. Проте незалежно від різних інтерпретацій терміну будь-яка продукція визначає деяке правило поведінкового чи перетворюючого характеру в конкретній предметній області.

Системи, які використовують продукції як основну парадигму представлення знань, називаються системами, які базуються на правилах (rule-based systems) або продукційними системами (production systems).

Продукційна система забезпечує керування процесом розв'язання задачі за зразком і складається з набору продукційних правил (бази знань), робочої пам'яті (поточного стану задачі) і механізму логічного виведення.

В залежності від призначення продукційні системи можуть містити підсистеми для забезпечення додаткового функціоналу, взаємодії та інтеграції. Структура такої системи представлена на рисунку 4.12.

Механізм логічного виведення продукційних систем базується на двох компонентах: алгоритмі співставлення зі зразком та реалізації стратегії виведення (розв'язання конфлікту).

Переважна більшість сучасних середовищ розробки надає користувачу можливість вибору з основних стратегій розв'язання конфлікту (глибини, ширини, спрощення, ускладнення, новизни, LEX, MEA), а також містить реалізацію допоміжних стратегій для ефективного виведення (рефракція, довільний вибір, сортування за пріоритетами).

Алгоритм співставлення зі зразком забезпечує вибір з бази знань продукцій, які можуть бути запущені на даному кроці виведення. Це найбільш затратна за ресурсами часу та пам'яті задача системи. Здебільшого в обгортках продукційних систем реалізовується лише один алгоритм співставлення та не завжди надаються відомості про його особливості.

Характеристики продукційної системи

Вибір програмних засобів розробки продукційних систем в першу чергу зумовлюється характеристиками та функціональністю, які ці системи повинні забезпечувати. В даному проекті виділені загальні значимі характеристики продукційних систем, представлені на рисунку 4.13.

Для визначення вимог до програмного забезпечення розробки потрібно знати наступні унікальні чи критичні характеристики продукційної системи: цілі та бюджет, класи користувачів, особливості представлення знань та обмеження пристроїв, на яких передбачається використання.

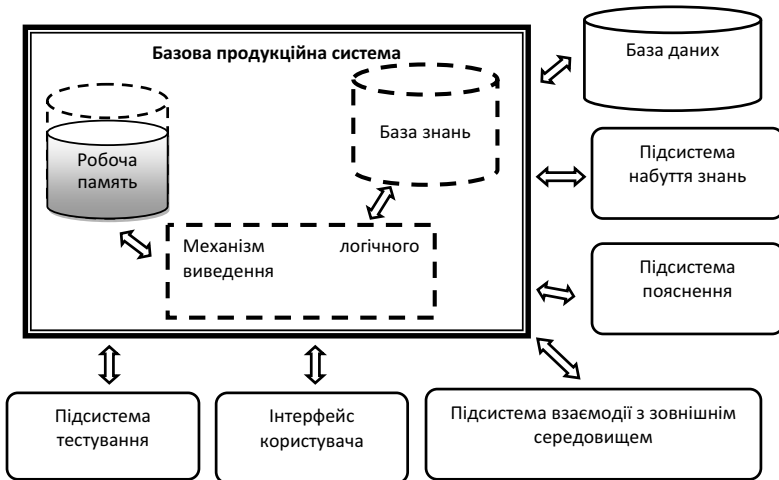


Рис. 4.12. Структура продукційної системи

Окрім вимог, які визначаються загальними властивостями продукційної системи, важливим фактором є властивості безпосередньо бази знань. Це зумовлено тим, що ефективність евристичних алгоритмів, закладених в механізм виведення, залежить від характеристик множини правил бази знань.

У даній роботі досліджено властивості продукційної системи, які впливають на ефективність роботи механізму виведення та представлено їх на рисунку 4.14. До структурних властивостей антецеденту належать: кількості умовних елементів, змінних, негативних умовних елементів.

Характеристики часу виконання та бази знань продукційної

системи можна отримати лише після розробки демонстраційного прототипу. Тому, дані властивості використовуються для апробації чи налаштування попередньо обраної системи обробки.

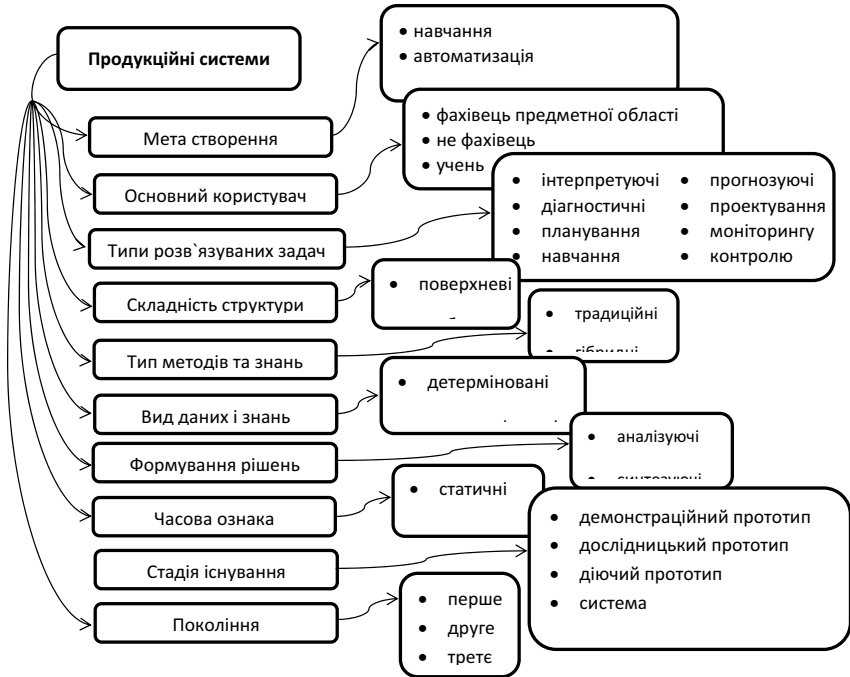


Рис. 4.13. Загальні характеристики продукційних систем

Вимоги до експертних систем малого бізнесу

Для систем малого бізнесу зазвичай характерним є жорстке обмеження бюджету. Основним користувачем є фахівець предметної області. Метою розробки найчастіше виступає система діагностування та прогнозування, яка передбачає як синтезуючі так і аналізуючі типи формування рішень. Метою створення такої системи зазвичай є автоматизація та тиражування знань експерта. Специфіка предметної області визначає гібридні типи знань та даних.

В даній роботі специфікою продукційних систем є цільове середовище функціонування – мобільні пристрої.

Особливістю мобільних експертних систем є необхідність забезпечення сумісності для різного апаратного і програмного за-

безпечення. На стадії проектування необхідно визначити цільові пристрої. Враховуючи обмеження бюджету, це планшети, які знаходяться в середньому чи низькому ціновому діапазоні.

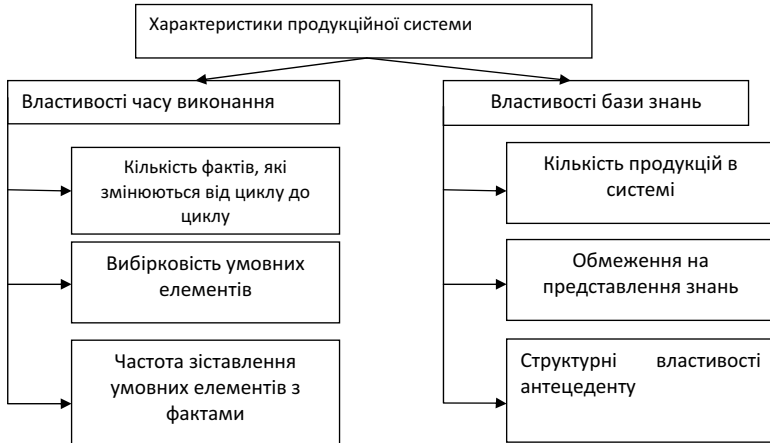


Рис. 4.14. Значимі характеристики бази знань продукційної систем

В середньому ціновому діапазоні (2000 - 5000 грн) переважають планшети з 1 - 2 Гб оперативної та 16 Гб вбудованої пам'яті⁵⁷. Найчастіше вони використовують операційну систему Android. Для розробки Android застосунків використовується мова програмування Java та C, C++ (для написання бібліотек, використовуваних програмою).

Особливістю мобільних операційних систем є методи управління оперативною пам'яттю спрямовані на підвищення ефективної роботи пристрою. Так в системі Android є обмеження на оперативну пам'ять, доступну застосунку, з метою забезпечення виконання декількох програм водночас. При нестачі пам'яті, система починає завершати роботу застосунків і процесів, які були неактивні протягом деякого часу, в зворотному порядку, починаючи від того, який не застосовувався найдовше.

Таким чином вимогами до експертної системи малого бізнесу є:

1. Підтримка гібридних типів знань.
2. Забезпечення можливості формування як аналізуючи так і синтезуючих типів висновків.

⁵⁷ Price.ua, «Price,» 2014. [3 мережі]. Available: <http://price.ua/catc6399t1.html>. [Дата звернення: 3 July 2014].

3. Можливість придбання та накопичення знань.
4. Забезпечення механізму пояснення рішень.
5. Мінімальна вартість розробки, використання та супроводу.
6. Зручний інтерфейс для роботи користувача.
7. Кросплатформеність.
8. Низькі затрати пам'яті.
9. Взаємодія з зовнішніми застосунками, базами даних.

Обґрунтування вибору обгортки CLIPS

В процесі вибору середовища розробки продукційних систем необхідно визначити властивості, значимі для даної прикладної проблеми.

Наукові виділяють наступні здібності обгорток продукційних систем, як представлені в сучасних середовищах так і рекомєндовані для розробки⁵⁸:

1. Можливості для математичних обчислень (представлені арифметичні операції, розширені формати представлення чисел і т. п.).
2. Робота з нечіткою логікою.
3. Забезпечення паралельної роботи системи.
4. Редактор бази знань
5. Автоматична генерація документації.
6. Механізм виведення
7. Механізми пояснення
8. Інтеграція з зовнішніми середовищами
9. Доступ до Інтернету
10. Забезпечення механізмом генерації (виведення) правил.
11. Засоби представлення метазнань.
12. Засоби оптимізації.
13. Засоби розробки користувацького інтерфейсу.
14. Парадигми представлення знань.

Зважаючи на вимоги до експертних систем малого бізнесу в роботі було розглянуто вільно поширювані обгортки. Серед них було виділено такі, що можуть використовуватися на мобільних пристроях та вже зарекомєндували себе на ринку, а саме: Jess⁵⁹, eXpertise2GO⁶⁰, CLIPS⁶¹.

58 J. Rothenberg, J. Paul, I. Kameny, J. R. Kipps та M. Swenson, «Evaluating Expert Systems Tools,» RAND Corporation, Santa-Monica, 1987.

59 K. V. Laerhoven, «Comparison of the CLIPS and JESS expert system shells,» School of Computing and Communications, Lancaster , 1999.

60 «Expertise2Go,» 2009. [3 мережі]. Available: <http://expertise2go.com/webesie/e2gdoc/>. [Дата звернення: 1 July 2014].

61 G. Riley, «CLIPS. A Tool for Building Expert Systems,» 25 August 2013. [3 мережі]. Available: <http://clipsrules.sourceforge.net/>. [Дата звернення: 29 June 2014].

Обгортка eXpertise2GO застосовується для створення Android застосунків проте містить обмеження на представлення знань. Jess – середовище розробки продукційних систем, побудоване за зразком CLIPS та створене для розробки експертних систем з використання мови програмування Java. Легкість інтеграції з даною мовою програмування є значною перевагою для розробки Android додатків. Обгортка Jess може бути використана для створення прототипів мобільних експертних систем малого бізнесу, проте використання в комерційних цілях потребує додаткової ліцензії.

Для розробки прикладних задач серед наведених обгортки для подальшого дослідження була обрана CLIPS. Це зумовлено такими її характеристиками як підтримка декількох парадигм програмування водночас: на основі правил, процедурного, об'єктно-орієнтованого; відкритий програмний код; повна супровідна документація; можливість співпраці з розробниками версій для різних операційних систем.

Додатковою перевагою для вибору середовища CLIPS була можливість його застосування для операційних систем IOS та MacOS. CLIPS може бути перенесеним на будь-яку систему, яка має ANSI сумісний компілятор мови C (American National Standards Institute). Це надає перевагу при перенесенні продукційної системи на пристрої з операційною системою Tizen, реалізованою на мові програмування C++.

CLIPS може викликатися як підпрограма та інтегруватися з іншими мовами програмування, такими як C, C++, Java, FORTRAN та Ада. Також ця обгортка може бути легко розширена користувачем за допомогою кількох чітко визначених в документації протоколів.

Широке поширення середовища розробки CLIPS сприяло розвитку додаткових засобів для розробки. Існують модифікації обгортки CLIPS для забезпечення ефективної роботи з зовнішніми базами даних. Доповнення для ефективної роботи в Інтернеті з використанням онтологій. Створені системи автоматизованої перевірки бази даних на повноту та цілісність. В залежності від специфіки прикладної задачі такі доповнення можуть бути встановлені або проігноровані користувачем зі збереженням лише основної функціональності середовища.

Так як реалізація механізму логічного виведення в системі CLIPS явно відокремлену від інтерфейсу, можливим стає перенесення експертних систем, розроблених для стаціонарних комп'ютерів на планшети.

Для операційної системи Android обгортку CLIPS реалізовано як

бібліотеку, яка призначена для використання іншими застосунками. Такий підхід надає додаткову перевагу за рахунок того, що в native частині застосунку немає обмежень на виділення пам'яті.

Модифікація обгортки CLIPS

Проблема використання оперативної пам'яті на планшетах ускладнюється тим, що для вже створених пристроїв збільшення RAM фізично або неможливе або фінансово недоцільне. Тому в даному проекті розроблено розширення базової обгортки CLIPS додатково вбудованим Treat алгоритмом співставлення зі зразком.

Було доведено, що Treat алгоритм потребує на 15 - 45 % менше затрат пам'яті ніж Rete, який застосовується в CLIPS. Для мобільних пристроїв така оптимізація дозволить використовувати продукційні системи на пристроях з обмеженими ресурсами пам'яті. Для топових планшетів користувач може надати перевагу збільшенню швидкодії системи чи зменшенню затрат пам'яті в залежності від особливостей прикладної проблеми.

Так як Treat алгоритм був розроблений на основі Rete алгоритму, вони мають подібний механізм обробки продукцій. Більш того, дані алгоритми мають однаковий формат вхідних та вихідних даних. Таким чином, однакове представлення даних може застосовуватися для обох алгоритмів. Це дозволяє коректно порівнювати їх ефективність при вирішенні прикладних задач за рахунок однакового формату представлення.

Додатковою перевагою розширення системи є те, що Treat, на відміну Rete алгоритму, від був розроблений для паралельної обробки продукцій. Це дозволяє оптимізувати роботу продукційної системи з точки зору швидкодії.

Модифікації в системі зроблено таким чином, що бібліотека CLIPS може бути скомпільована з одним з обраних алгоритмів співставлення або з обома відразу. На етапі проектування продукційної системи рекомендовано використовувати останній варіант.

Висновки. Рекомендовано середовище розробки експертних систем малого бізнесу для використання на планшетних комп'ютерах. Запропонована інновація дозволить скоротити час розробки та підвищити ефективність системи за рахунок вибору оптимального за критерієм затрат пам'яті та часу алгоритму співставлення зі зразком.