

УДК 681.3:355

О.С. Андрощук

Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького,  
Хмельницький

## СИТУАЦІЙНА БАЗА ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ОРГАНАМИ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ

*Запропоновано технологію побудови ситуаційної бази знань інтелектуальної системи підтримки прийняття рішення з управління органами охорони державного кордону, сутність якої полягає у формалізації концептуальних знань про особливі ситуації у ситуаційній базі знань, що заснована на взаємодії трьох моделей подання знань: у формі прецедентів, в формі правил та у формі об'єктних моделей процесу управління в особливих умовах. Основою технології розробки ситуаційної бази знань є розроблений автором об'єктно-пізнавальний аналіз.*

**Ключові слова:** база знань, база правил, база прецедентів, об'єктно-орієнтовані моделі, особлива ситуація.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Сучасна система управління Державною прикордонною службою України (ДПСУ) є великою складною динамічною системою, що призводить до необхідності застосування засобів автоматизації. Теперішній етап розвитку інтегрованої інформаційно-телекомунікаційної системи (ІТС) ДПСУ "Гарт" характеризується принципово новими вимогами до процедур отримання, збереження та передачі інформації, які можуть бути виконані за рахунок упровадження засобів нових інформаційних технологій. Серед них ключове місце займають інтелектуальні системи, що засновані на знаннях.

Останнім часом на підставі національних і міжнародних програм розробки та розвитку інфраструктури нових інформаційних технологій активно ведуться роботи з побудови інтелектуальних систем різного призначення, які стають характерним атрибутом складних систем управління, що вимагають прийняття багатьох альтернативних рішень в умовах різних часових, ресурсних та інших обмежень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** засвідчив, що предметна область ІТС не може бути адекватно описана існуючими засобами інженерії знань [1] з причин наявності своїх характерних особливостей. Ускладнює ситуацію відсутність відповідної теоретичної основи. Дослідження процесу побудови бази знань (БЗ) засвідчили, що він є достатньо складним, багатокритеріальним, ітераційним та розгалуженим. Для предметної області ІТС Державної прикордонної служби не існує відпрацьованої технології і сформованого комплексу засобів розробки БЗ. Відсутніми є також обґрунтовані методи виявлення, вилучення, подання знань та маніпулювання ними. Існує невизначеність у виборі програмно-технічної бази побудови БЗ. Відсутніми є обґрунтовані методи і засоби реалізації та верифікації БЗ.

**Мета статті** – подати відомості стосовно особливостей побудови БЗ щодо прийняття рішень з

управління органами і підрозділами (далі – органами) охорони державного кордону (ДК).

### Виклад основного матеріалу

Функціонування інтелектуальної системи підтримки прийняття рішення (ІСППР), яка застосовується в оперативному контролі розвитку та видачі рекомендацій щодо прийняття рішень в особливих ситуаціях (ОС) [2], пропонується забезпечувати на основі ситуаційної бази знань (СБЗ).

Для органів охорони ДК (інших складних організаційно-технічних систем) є характерними: наявність різномірної інформації, невизначеність і нечіткість інформації, неоднозначність оцінки ознак ОС, багатокритеріальність процесу прийняття рішень. Перераховані чинники визначають проблематику розробки СБЗ. Виходячи з цього, технологія побудови інтелектуальної компоненти ІСППР (СБЗ та алгоритмів пошуку рішень) полягає у такому: вибір формальних моделей подання знань; побудова структури СБЗ; створенні процедур для вирішення завдань наповнення СБЗ; розробка алгоритмів пошуку потрібних знань; навчання системи новим знанням. Розглянемо стисло основні етапи процесу проектування СБЗ.

**Подання знань.** Завдання формального подання знань є традиційним для систем, що використовують технологію штучного інтелекту (ШІ). Його вирішення передбачає відповіді на такі питання:

якими повинні бути склад і структура знань;  
якою повинна бути форма їх подання;  
як побудувати алгоритм пошуку рішень відповідно до того чи іншого подання знань.

При розробці БЗ в експертних системах використовуються різні моделі подання знань [1; 3]: семантичні мережі; логічні моделі; фрейми; правила; прецеденти; динамічні моделі; когнітивні карти; штучні нейронні мережі; мережі Петрі тощо.

При виборі моделі подання знань щодо управління в ОС у СБЗ визначено такі чинники:

- обмежені часові ресурси управління в ОС;

- велика кількість та різноманітність прикладів варіантів управління в ОС у даній предметній області (ПО);
- особливості експертних знань з ПО і наявність кваліфікованих експертів;
- вимоги до організації діалогу користувача (керівника) із ІСППР.

Дослідження показують, що існуючі експертні системи найчастіше використовують якусь одну модель для подання знань у ПО. Кожна з перерахованих вище моделей характеризується як достоїнствами, так і недоліками в розробці та використанні. Наприклад, БЗ інтелектуальних систем, призначених для роботи з реальними ПО, принципово не можуть бути замкнутими. Отже, усі закономірності ПО не можуть бути подані замкнутими логічними моделями. Звідси слідує неможливість маніпулювати знаннями на рівні одного логічного висновку. Загальних знань, закладених у когнітивних картах і семантичних мережах, також недостатньо для розуміння ситуацій, оскільки велику роль в їх розумінні відіграє накопичений людиною досвід. Водночас детальна конкретизація знань у ПО призводить до побудови дуже складних моделей.

Тому в СБЗ автором пропонується використовувати три моделі подання знань: у формі правил, у формі прецедентів та у формі моделей процесів управління в ОС (рис. 1). Дослідження показали, що використання декількох моделей подання знань забезпечує такі можливості:

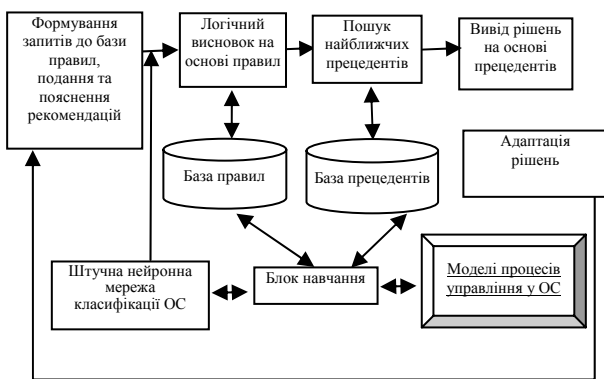


Рис. 1. Загальна схема взаємодії компонентів ситуаційної бази знань

- можливість подання знань із різним ступенем формалізації: у вигляді прецедентів, одержаних емпіричним шляхом, із найменшими вимогами до формалізації; у вигляді формалізованих правил на вищому рівні абстракції;
- можливість ефективнішого навчання бази правил (порівняно з відомими методами навчання) шляхом генерації нових правил на основі бази прецедентів;
- можливість видалення застарілих прецедентів на основі зіставлення з правилами у разі, коли якісна зміна умов функціонування об'єкту управління призводить до необхідності формулювання нових правил тощо.

Подана автором СБЗ інтегрує правила прийняття рішень в ОС, описи ситуацій у формі прецедентів та моделі службових (динамічних) процесів і сценаріїв розвитку ОС. На підставі цього СБЗ можна визначати таким чином:

СБЗ = {Th, BRule, Inf, BCase, Sim, M, C(M)}, (1) де Th – тезаурус; BRule – база правил; Inf – модель машини логічного висновку, асоційованої з BRule; BCase – база прецедентів; Sim – база аналогій, яка використовується для пошуку прецедентів; M – множина моделей процесу управління в ОС; C(M) – функція вибору моделі (або групи моделей) у поточній ОС.

Знання, логічна система яких є впорядкованою, пропонується подавати у вигляді продукційних правил. Емпіричні знання, що характеризуються невизначеністю, неоднозначністю, сформульовані на природній мові, подані у вигляді прецедентів, які людина повинна інтегрувати та конкретизувати, адаптуючи до поточної ситуації. Перевага висновку, заснованого на прецедентах, полягає в тому, що у разі його застосування СБЗ містить не лише правила (як абстрактну форму опису узагальнених ситуацій), але й конкретні ситуації, або прецеденти. Таким чином спрощується проблема вилучення знань про ПО, яка є однією з найскладніших у проектуванні інтелектуальних інформаційних систем. Виявлені основні відмінності між системами, заснованими на правилах, і системами, заснованими на прецедентах (табл. 1).

Проте інтеграція різних моделей подання знань у СБЗ створює додаткову проблему – як упроваджувати прецеденти в модель загального знання ПО, зокрема, як погоджувати їх із базою правил.

*Розробка структури СБЗ.* Основою технології розробки СБЗ у даній роботі є запропонований автором об'єктно-пізнавальний аналіз [2], у процесі якого відбувається формування понять ПО та визначення відносин між ними. Сутність полягає у застосуванні об'єктно-орієнтованих моделей на мові UML, що являють собою специфічну семантичну мережу, в якій визначена кінцева множина відносин між об'єктами.

Діаграма станів визначає ланцюжки ситуацій у процесі управління органами охорони ДК як послідовності еталонних станів і переходів, відповідних нормальному (заданому) процесу функціонування органів охорони ДК. Одиночний прохід по діаграмі станів називається сценарієм. Сценарій ефективного процесу управління формується на основі досвіду експертів з ПО, як серія прецедентів ситуацій. Таким чином, ми одержуємо граф еталонних станів та переходів. Розробивши в результаті об'єктно-пізнавального аналізу ОС альтернативні діаграми, відповідні типовим відхиленням (класам ОС) від нормального режиму функціонування, і об'єднавши їх із графом еталонних станів, ми одержимо граф можливих станів органів охорони ДК у процесі функціонування. Цей граф моделює динаміку зміни ситуацій у процесі управління виводом з ОС. Модель динамічних процесів управління в ОС є основою для розробки правил управління й описів прецедентів ОС у СБЗ.

Таблиця 1  
Зіставлення характеристик моделей подання знань у формі правил та у формі прецедентів

Модель подання знань у формі правил	Модель подання знань у формі прецедентів
Правила є абстрактною формою подання знань, що включає зміни	Прецеденти є константами, які описують конкретні ситуації, що мали місце у минулому
На основі бази правил рішення генеруються у результаті виконання дедуктивного висновку	На основі бази прецедентів висновок генерується за допомогою пошуку найбільш відповідних прецедентів та адаптації їх до нових рішень
Пошук у базі правил здійснюється на основі ітераційного циклу послідовності операцій зіставлення умов в антецедентах правил і даних, які призводять до рішення	Найближчий прецедент обирається на основі зіставлення ознак прецедентів та поточної ОС, що дає можливість одержати наблизений варіант повного рішення, причому враховуються ваги ознак, за якими виконується зіставлення
У системі, заснованій на нечітких правилах, кількість правил із збільшенням кількості ознак ОС збільшується експоненційно	У системі, що використовує нечіткий висновок на основі прецедентів, кількість операцій обчислення, схожість між ознаками поточної ситуації і прецедентів із збільшенням кількості ознак збільшується лінійно

Результати об'єктно-пізнавального аналізу мають містити формальні описи відносин між абстрагованими поняттями та сутністю, що є базовими об'єктами ПО в термінах предметно-орієнтованого тезауруса. Причому, одержане таким чином формалізоване уявлення повинно відображати класифікаційну структуру інформаційного простору, що описує ОС і для отримання якого передбачається здійснити інтелектуальний аналіз даних.

Таким чином, початковими даними для формалізованого подання знань у СБЗ є:

- структура ІСППР, подана на діаграмі класів;
- структурні моделі знань, що містять класи об'єктів ПО (наприклад, клас правил прийняття рішень, клас прецедентів ОС, класи обробки знань щодо управління), пов'язані парадигматичними відносинами;
- моделі динамічної поведінки класів та об'єктів ІСППР в ОС;
- словник і тезаурус термінів ПО.

Структура СБЗ розробляється за результатами об'єктно-пізнавального аналізу з використанням принципів модульності, наслідування, інкапсуляції та поліморфізму. Інформаційна структура СБЗ розробляється у вигляді комплексу метамodelей подання й обробки знань.

Ситуаційна база знань ІСППР структурується відповідно до множини класів, які виокремлюються за наслідками кластерного аналізу. Базу прецедентів пропонується розробляти на основі класифікації прецедентів відповідно до множини типових рішень щодо управління виводом з ОС. Класифікація прецедентів є необхідною для організації ефективного пошуку в СБЗ. З кожним класом асоційовано інформаційні структури ПО, що описують знання про конкретну підобласть – правила і прецеденти, які

мають властивості свого класу. Правила моделюють виявлені логічні закономірності, на підставі яких приймаються рішення про той чи інший об'єкт або подію. Прецеденти є конкретними екземплярами об'єктів або подій, що належать даній підобласті. Таким чином, ІСППР здатна досліджувати складні ОС без трудомістких обчислень схожості прецедентів у всьому просторі пошуку, обмеживши його одним класом, який визначається на основі розпізнавання класу ОС, що реалізується на основі навченої штучної нейронної мережі.

*Розробка алгоритмів пошуку рішень.* Відповідно до принципу поліморфізму, який пропонується використовувати, операція пошуку рішення в модулях СБЗ реалізується із використанням методу, розробленого для конкретної моделі подання знань. Так, пошук рішення в ОС на основі правил здійснюється за алгоритмом, що показаний на рис. 2 у вигляді діаграми дій.

*Наповнення БЗ.* Найбільш складним, трудомістким та найменш дослідженим у сучасній теорії ІІІ є процес наповнення БЗ. Перевага запропонованого підходу до розробки ІСППР полягає в тому, що багато об'єктів СБЗ визначаються ще на етапі об'єктного моделювання. Це скорочує час розробки і підвищує повноту та цілісність СБЗ.

Знання про ОС в управлінні органами охорони ДК являють собою континуум від повного незнання про ознаки і можливі дії в ОС, які виникають уперше через окремі прецеденти ОС, до абстрактної форми подання знань у вигляді правил управління в ОС. Тому на початковому етапі накопичення знань як модель подання знань пропонуються прецеденти. Прецеденти формуються на основі описів ОС, що фіксуються в БД або електронному журналі описів ОС. Одночасно з базою прецедентів методом “навчання з вчителем” створюється база правил, яка містить невелику множину “тимчасових” правил, що потім у процесі навчання на основі прецедентів перетворюються в постійні, придатні для формування рекомендацій щодо прийняття рішень.

У СБЗ початкові дані про поточний стан об'єкта змінюються під час вирішення завдання (на відміну від статичних експертних систем). Отже, значення деяких ознак, які описують ОС, повинні містити вказівки про проміжки часу, упродовж яких дані значення відповідають дійсності.

*Тестування БЗ.* Заповнена СБЗ повинна відповідати вимогам, що висуваються до БЗ експертних систем: знання, подані в СБЗ, повинні бути повними, несуперечливими, об'єктивними; СБЗ повинна бути відкрита до додавання нових фактів та правил. Відповідно до цього СБЗ у процесі заповнення і навчання повинна тестуватися на цілісність, повноту та несуперечність знань. Тестування бази правил здійснюється за методом перевірки несуперечності знань у цій ієрархії (але не по горизонталі, оскільки правила в різних класах одного рівня бази правил, не об'єднаних класом верхнього рівня, можуть бути суперечливими).

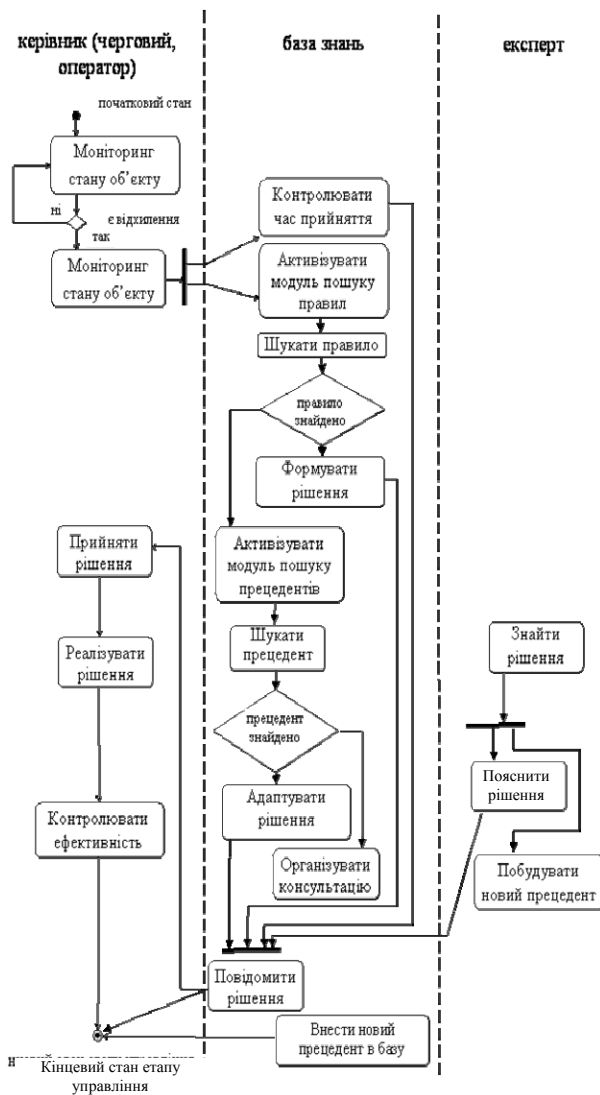


Рис. 2. Діаграма дій для пошуку рішень у СБЗ

**Навчання БЗ.** Виявлення нових знань про управління в ОС вважається складним завданням як через обмеженість обсягу початкових даних про природу ОС як рідкісних явищ, так і через дефіцит відповідних експертів і труднощів роботи з ними. Процес навчання здійснюється за допомогою обміну знаннями між базою правил та базою прецедентів

так, щоб: поповнювати базу правил новими правилами, одержаними в результаті навчання, зокрема на основі нових прецедентів; адаптувати рішення, які містяться в прецедентах, на основі правил адаптації; коректувати базу прецедентів, виключаючи застарілі прецеденти згідно з подіями процесу управління, що відповідають новим правилам.

## Висновки

Таким чином, у даній статті запропоновано технологію побудови СБЗ ІСППР з управління органами охорони ДК, сутність якої полягає у формалізації концептуальних знань про ОС у СБЗ, що заснована на взаємодії трьох моделей подання знань: у формі прецедентів, у формі правил і у формі об'єктних моделей процесу управління в ОУ. Основою технології розробки СБЗ є запропонований автором об'єктно-пізнавальний аналіз, у процесі якого відбувається формування понять ПО та визначення відносин між ними, на підставі об'єктно-орієнтованих моделей на мові UML, що являють собою специфічну семантичну мережу, в якій визначена кінцева множина відносин між об'єктами

Напрямок подальшої роботи слід вважати обґрунтування алгоритму підтримки прийняття рішень на основі бази правил та бази прецедентів.

## Список літератури

1. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
2. Андросчук О.С. Технологія розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень управління охороною кордону в особливих умовах / О.С. Андросчук, Ю.С. Паламарчук; за ред. В. О. Балашова // Зб. наук. пр. Нац. акад. Держ. прикордон. служби України ім. Б. Хмельницького. – Хмельницький, 2008. – № 42, част. II. – С. 40-45.
3. Джексон Питер. Введение в экспертные системы: пер. с англ.; учебн. пособие. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 624 с.

Надійшла до редколегії 15.10.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.С. Вертузаев, Інститут Служби зовнішньої розвідки, Київ.

## СИТУАЦИОННАЯ БАЗА ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНАМИ ОХРАНЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ

А.С. Андросчук

Предложена технология построения ситуативной базы знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решения из управления органами охраны государственной границы, сущность которой заключается в формализации концептуальных знаний об особенных ситуациях в ситуативной базе знаний, которая основана на взаимодействии трех моделей представления знаний: в форме прецедентов, в форме правил и в форме объектных моделей процесса управления в особенных условиях. Основной технологией разработки ситуативной базы знаний разработан автором объектно-познавательный анализ.

**Ключевые слова:** база знаний, база правил, база прецедентов, объектно-ориентированные модели, особенная ситуация.

## SITUATIONAL KNOWLEDGES BASE OF THE INTELLECTUAL SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING IN THE MANAGEMENT BY THE ORGANS OF GUARD OF STATE BOUNDARY

A.S. Androshchuk

Technology of situation knowledge intellectual system of support of decision-making acquisition is offered from a management the organs of guard of state boundary, essence of which consists in formalization of conceptual knowledges about the special situations in the situation base of knowledges, which is based on co-operation of three models of representation of knowledges: in the form of precedents, in the form of rules and in the form of objective models of management process in the special terms. Developed basis of technology of development of situation base of knowledges by an author objective-cognitive analysis.

**Keywords:** base of knowledges, base governed, base of precedents, object-oriented models, special situation.