

4. Правдин Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчёты) / Правдин Н. В., Негрей В. Я., Подкопаев В. А. / под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.

5. Альошинський Є. С. Напрямки удосконалення роботи прикордонних передавальних залізничних станцій на кордонах з країнами СНД / Є. С. Альошинський, Н. В. Колесникова // Збірник наукових праць НТУ “ХП”. – 2009. – № 15. – С. 29–34.

6. Яновський П. О. Результати аналізу існуючого стану та пропозиції з перспективи розвитку і розміщення на мережі залізниць сортувальних станцій для забезпечення прогнозних обсягів перевезень до 2020 року / П. О. Яновський, А. А. Акуленко // Залізничний транспорт України: науково-практичний журнал. – 2010. – № 1. – С. 28–31.



УДК 004.048:004.891

**А. В. Сохацький**, доктор технічних наук,  
професор кафедри транспортних систем  
та технологій Академії митної служби України

### ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ В ЕКСПОРТНОМУ КОНТРОЛІ

*Розглядаються питання використання інформаційних технологій для ідентифікації об'єктів в експортному контролі. Пропонується використати математичну модель класифікації, що базується на методах розпізнавання образів. Наводяться етапи технології розробки інформаційної експертної системи для ідентифікації об'єктів в експортному контролі.*

*Рассматриваются вопросы использования информационных технологий для идентификации объектов в экспортном контроле. Предлагается использовать математическую модель классификации, которая основывается на методах распознавания образов. Приводятся этапы технологии разработки информационной экспертной системы для идентификации объектов в экспортном контроле.*

*The questions of the use of information technologies for authentication of objects in export control are examined. It is suggested to use the mathematical model of classification which is based on methods of recognition of patterns. The stages of technology of development informative expert system are brought for authentication of objects in export control.*

**Ключові слова.** Інформаційні технології, експертні системи (ЕС), математичне моделювання, ідентифікація об'єктів.

**Вступ.** Інформаційні технології широко використовуються в людській діяльності. З появою електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) великої потужності відкриваються принципово нові можливості переробки інформації. ЕОМ проникають у всі сфери людської діяльності, що розширює коло завдань з використанням математичного моделювання та сучасних числових методів [1–4]. Проте впровадження інформаційних технологій потребує значних капіталовкладень. Так, щороку в США витрачається більше 250 млрд дол. на роз-

© А. В. Сохацький, 2011

---

робку інформаційних технологій в рамках приблизно 175 000 проектів [2]. Вартість проекту становить: для великої фірми порядку \$2 322 000; для середньої – \$1 331 000; для малої – \$434 000 [2].

Кількість проектів, що закриваються до завершення, становить 31 %. Затрати на 52,7 % проектів становлять 189 % від початкової вартості [2].

Рівень затрат на розробку інформаційних технологій у США та Європі становить від 6 до 10 % обороту компаній.

**Постановка завдання.** Нині виконання завдань з ідентифікації об'єктів з державного контролю відбувається за контрольними списками [5–7] вручну штатними працівниками митниці, які не є фахівцями з галузі знань, до якої належить підконтрольний об'єкт (рис. 1–3). Така технологія неминуче призводить до помилок у роботі. Залучення до процесу ідентифікації об'єктів фахівців з інших галузей народного господарства: Національної академії наук України, науково-виробничих корпорацій, вузівських учених – пов'язано зі значними фінансовими, матеріальними та часовими затратами. Необхідність у своєчасному виконанні складних науково-технічних завдань з ідентифікації об'єктів потребують створення інтелектуальних експертних систем. Їх використання дозволяє своєчасно з мінімальними затратами виконувати поставлені науково-технічні завдання з експортного контролю в системі Державної митної служби України. Під час виконання завдань з ідентифікації об'єктів доводиться мати справу з системою підтримки прийняття рішення.

Постановка багатьох завдань не завжди відповідає принципу абсолютної точності, який лежить в основі формальної логіки Аристотеля. Для застосування ЕОМ у будь-якій галузі необхідно мати математичну модель явища або процесу, стійкий метод розв'язування математичної задачі, стійкий алгоритм, побудований на базі обраного методу, розроблений комплекс програм. Математичне моделювання має проводитися з дотриманням відповідних законів збереження.

Створення інформаційних експертних систем для ефективного проведення державного контролю необхідне з таких причин.

1. Необхідність ідентифікації об'єктів з різноманітних сфер науково-технічної й індустріальної діяльності (рис. 1–4) [5, 6, 7]. Професійні якості спеціалістів не охоплюють видів діяльності людини. Як наслідок маємо недостатню компетенцію працівника, що приймає рішення (рис. 4).

2. Стійкість і відтворюваність результатів. Людина-експерт може приймати в тотожних ситуаціях різні рішення через емоційні чинники. Результати інформаційної експертної системи стабільні.

3. Швидкий доступ до знань. Легкий і швидкий спосіб обробки інформації та її аналіз.

4. Висока вартість роботи експертів з певної галузі знань. Немає потреби утримувати у штаті структури особливо висококваліфікованих фахівців, що обходяться дуже дорого. Експертні системи порівняно недорогі. Їх розробка дорога, але вони дешеві в експлуатації [1].

Слід зазначити, що в розробці інформаційних експертних систем не можна повністю відмовитися від експерта-спеціаліста. Проте у процесі експлуатації експертних систем можна відмовитися від послуг висококваліфікованого експерта, залишивши експерта середньої кваліфікації. ЕС сприятиме посиленню та поглибленню його професійних можливостей.

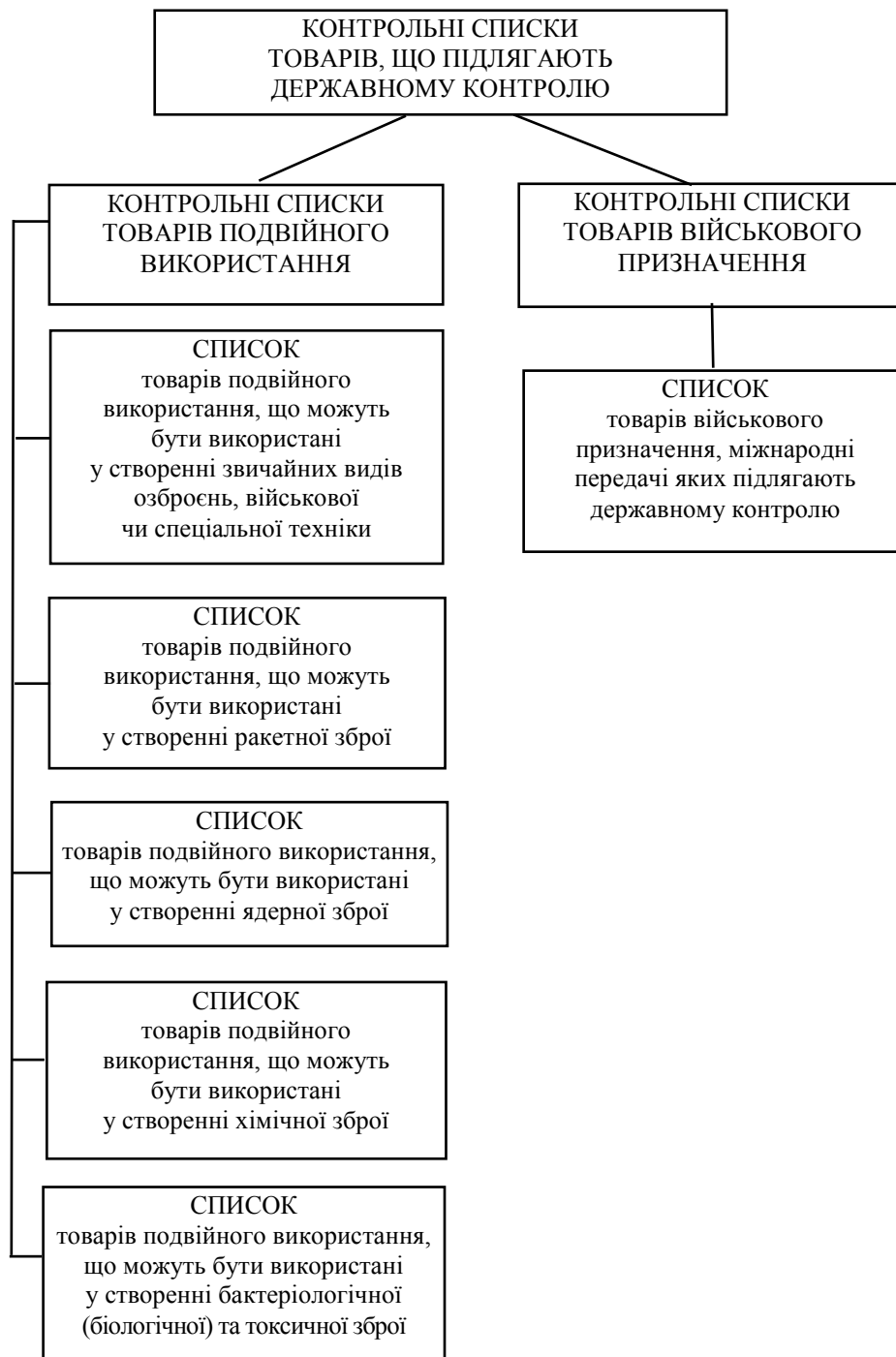


Рис. 1. Структура списку товарів, що підлягають державному контролю

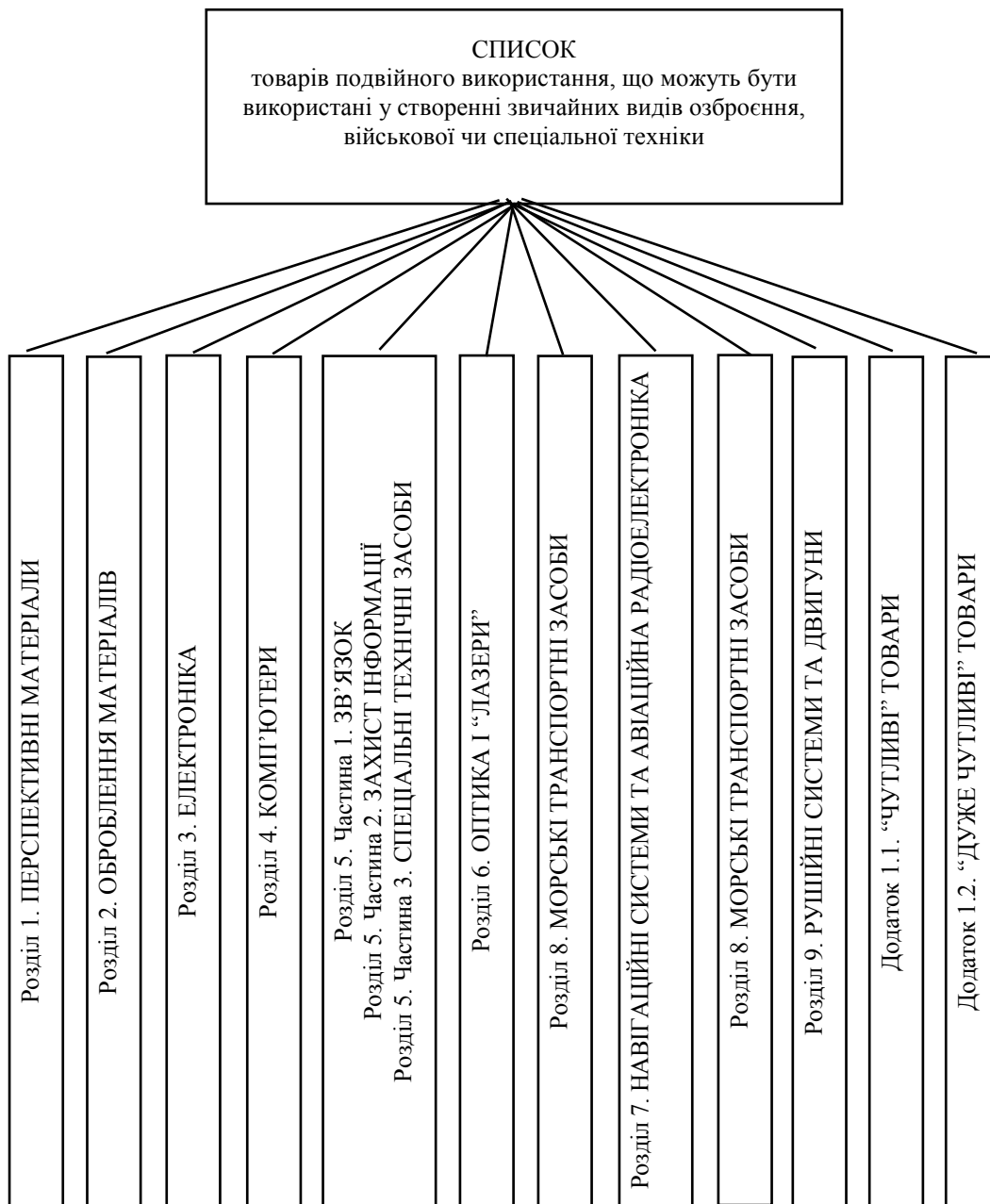


Рис. 2. Структура списку товарів подвійного використання, що можуть бути використані у створенні звичайних видів озброєння, військової чи спеціальної техніки

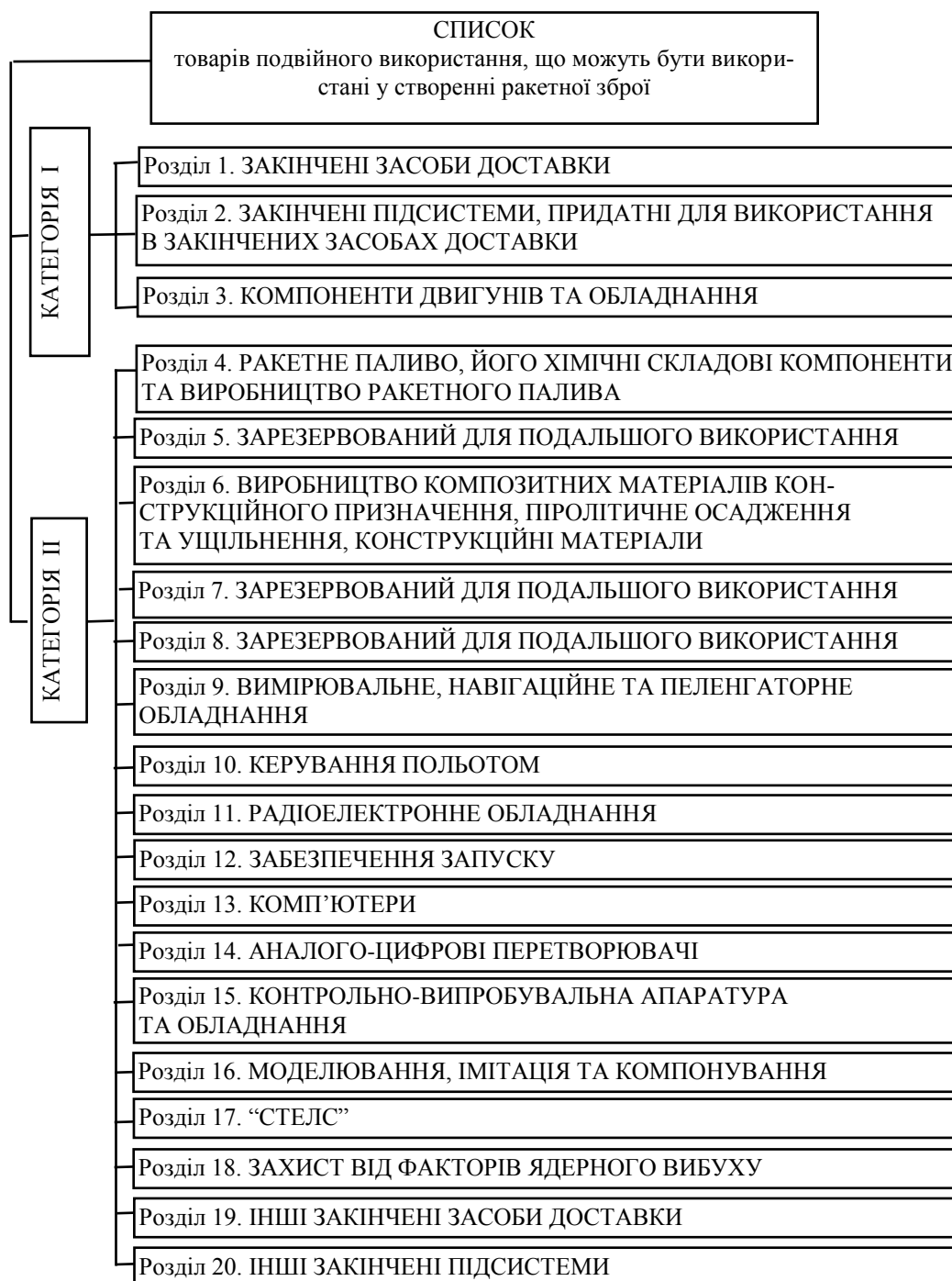


Рис. 3. Структура списку товарів подвійного використання,

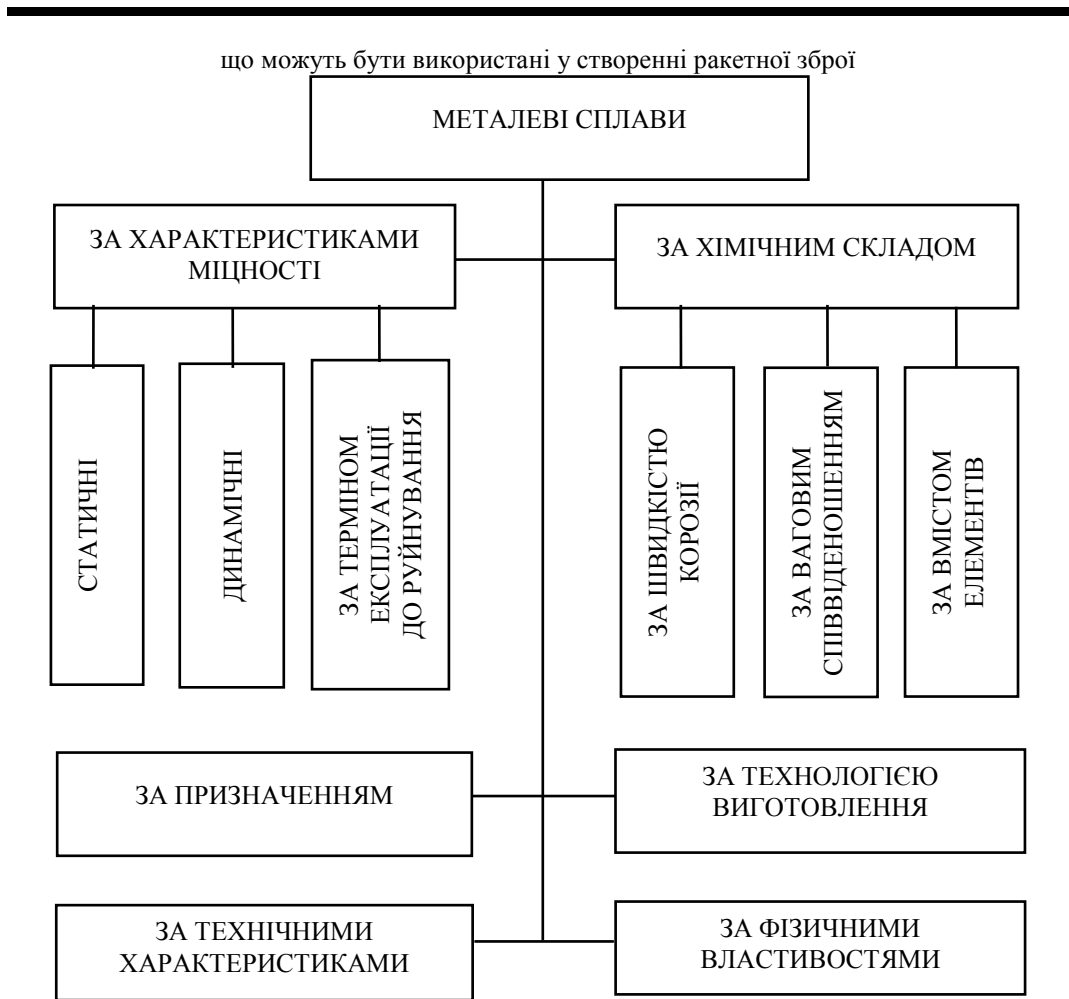


Рис. 4. Приклад напрямків знань металевих сплавів для визначення належності до контрольних списків

**Результати дослідження.** Проблема побудови експертних систем тісно пов'язана з методами розпізнавання образів. Розпізнавання образів – це науковий напрямок, метою якого є класифікація об'єктів за певними категоріями, класами.

Для створення інформаційної експертної системи з метою ідентифікації товарів можна використати таку математичну модель задачі класифікації (рис. 5). Для запису математичної моделі введемо такі позначення:

$\Omega$  – множина об'єктів розпізнавання;

$\omega : \omega \in \Omega$  – об'єкт розпізнавання (образ);

$g \omega : \Omega \rightarrow M, M = 1, 2, \dots, m$  – індикаторна функція, що розділяє простір образів  $\Omega$  на  $m$  непересічних класів  $\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m$ . Індикаторна функція є невідомою спостерігачу;

$X$  – простір спостереження, що сприймається спостерігачем (простір ознак);

$x_\omega : \Omega \rightarrow X$  – функція, що ставить у відповідність кожному об’єкту  $\omega$  точку  $x_\omega$  у просторі ознак. Вектор  $x_\omega$  – це образ об’єкта, що сприймається спостерігачем.

У просторі ознак визначено непересічні множини точок  $K_i \subset X$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , що відповідають образам одного класу.

$g_x : \Omega \rightarrow M$  – вирішальне правило – оцінка для  $g_\omega$  на основі  $x_\omega$ , тобто  $g_x = g_{x_\omega}$ .

Нехай  $x_j = x_{\omega_j}$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$  – доступна спостерігачу інформація про функції  $g_{\omega_j}$  і  $x_{\omega_j}$ , але самі ці функції спостерігачу невідомі. Тоді  $g_j, x_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, N$  – множина прецедентів.

Завдання полягає в побудові такого вирішального правила  $g_x$ , щоб розпізнавання проводилося з мінімальною кількістю помилок.

Простір ознак вважатимемо евклідовим, тобто  $X = R^l$ . Якість вирішального правила вимірюється частотою появи правильних розв’язків. Зазвичай його оцінюють деякою ймовірнісною мірою. Тоді задача записується у вигляді  $\min P \{g_{x_\omega} \neq g_\omega\}$

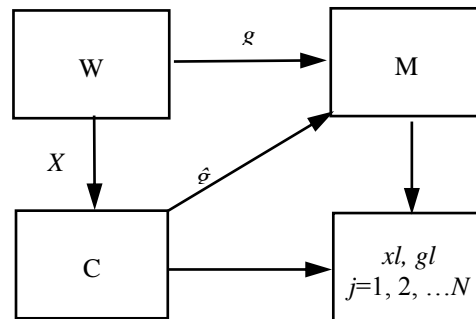


Рис. 5. Модель до розв’язування задачі з ідентифікації об’єктів

Центральною проблемою розпізнавання образів є побудова на основі систематичних теоретичних та експериментальних досліджень простих обчислювальних засобів для зарахування формалізованих описів ситуацій і об’єктів до відповідних класів. В основі цього зарахування – отримання деякої агрегованої оцінки ситуації, виходячи з її опису. Під час установлення відповідності між класами еквівалентності, заданими на множині розв’язків та множині об’єктів розпізнавання, автоматизація процесів розпізнавання стає елементом автоматизації процесів прийняття рішень. Структуру типової експертної системи наведено на рис. 6. Нині різновид експертних систем, що реально функціонують, не такий великий. Їх виділяють три типи [1].

1. Експертні системи, що підтримують розв’язування задач з розпізнавання (ідентифікації) об’єктів, процесів, явищ.
2. Експертні системи, що підтримують розв’язування задач з діагностики.
3. Експертні системи, що підтримують розв’язування задач з управління (прогнозні експертні системи).

Основою будь-якої ЕС є сукупність знань, структурована для спрощення процесу ухвалення рішення (рис. 7). Для фахівців у галузі штучного інтелекту термін “знання” означає інформацію, яка потрібна програмі, щоб вона “поводилася інтелектуально”. Ця ін-

формація набуває форми фактів і правил. Факти і правила в ЕС не завжди або істинні, або помилкові. Іноді існує деяка міра невпевненості в достовірності факту або точності правила. Якщо ці сумніви виражені явно, то їх називають “коефіцієнтом довіри”. Між учасниками побудови та експлуатації експертної системи має бути тісний взаємозв’язок (рис. 8).

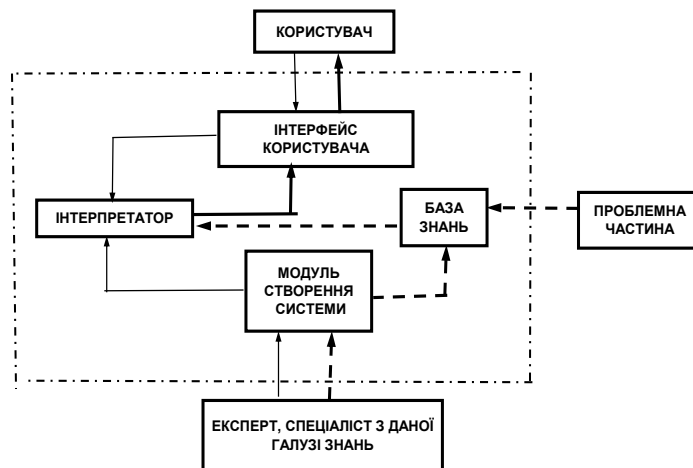


Рис. 6. Типова експертна система

- ← — інструкції та інформація;
- ← — знання;
- ← — рішення та аргументація



Рис. 7. Структура експертної системи, яка базується на правилах



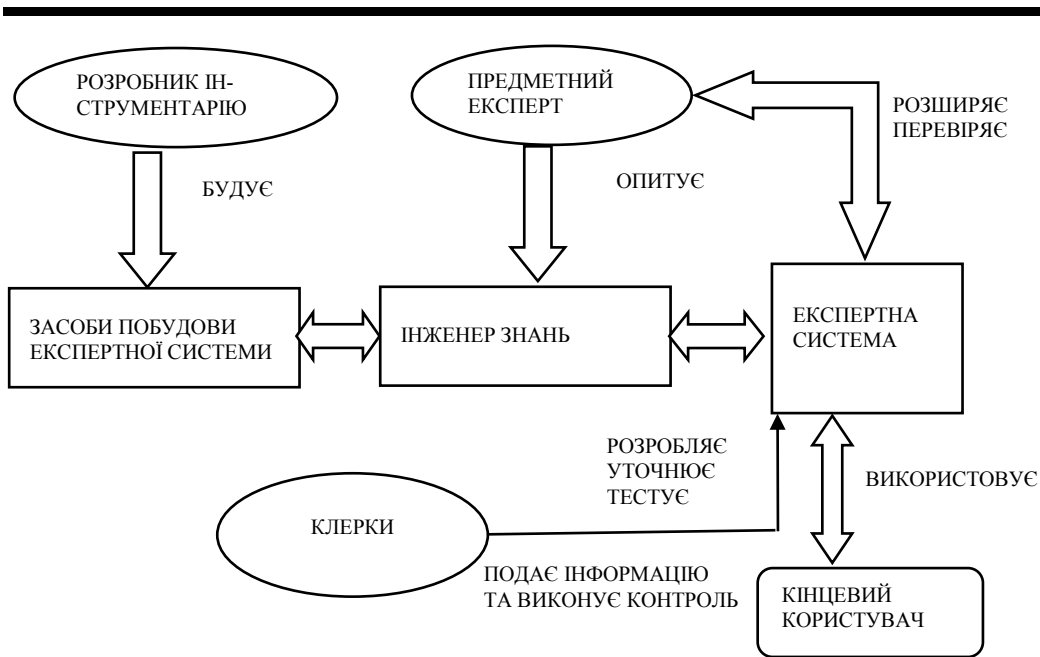


Рис. 8. Взаємозв'язок основних учасників побудови та експлуатації експертної системи

Найпростішими ЕС є статичні експертні системи (СЕС) (рис. 9). Бази знань СЕС містять інформаційні дані й правила, що використовують ці дані як основу для ухвалення рішень. Механізм виведення містить:

- інтерпретатор, що визначає, як застосовувати правила для виведення нових знань на основі інформації, що зберігається в базі знань;
- диспетчер, що встановлює порядок застосування цих правил.

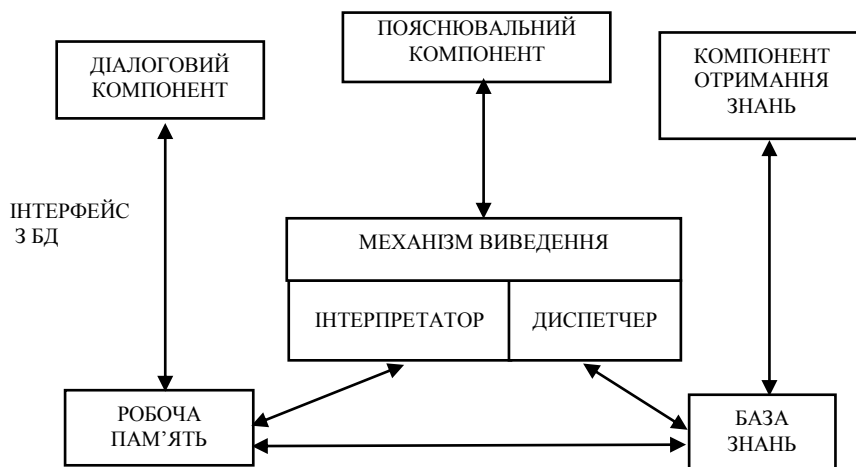


Рис. 9. Структура статичної експертної системи

СЕС не враховують зміни, що можуть відбуватися за час розв'язування задач. ЕС, де враховується динаміка зміни зовнішнього світу за час виконання завдання, називають динамічними експертними системами (далі ДЕС) (рис. 10). У порівнянні із СЕС у ДЕС вводяться ще два компоненти:

- підсистема моделювання зовнішнього світу;
- підсистема сполучення із зовнішнім світом.

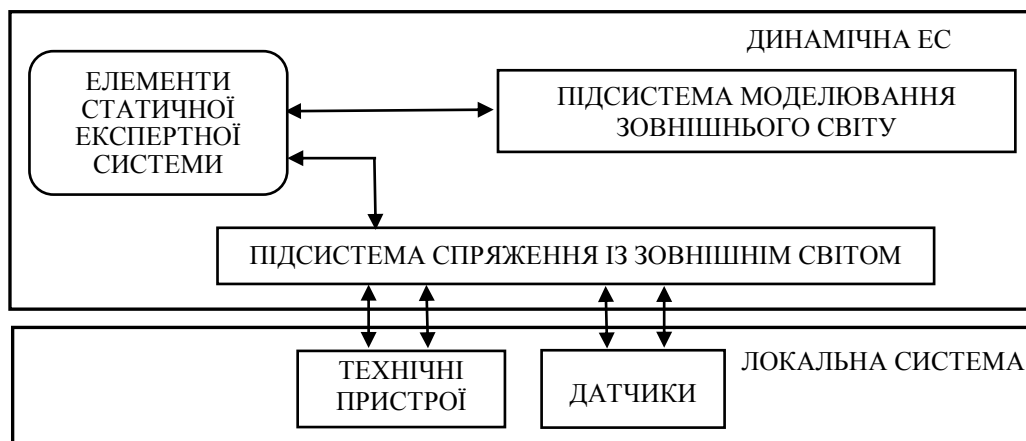


Рис. 10. Структура динамічної експертної системи

ДЕС здійснює зв'язки із зовнішнім світом через систему контролерів і датчиків. Крім того, компоненти бази знань і механізму виведення істотно змінюються, щоб відбити тимчасову логіку подій, які відбуваються в реальному світі.

До розряду таких динамічних середовищ розробки ЕС належить сім'я програмних продуктів фірми Gensym Corp. (США). Один із таких продуктів – система G2, базовий програмний продукт, що має графічне об'єктно-орієнтоване середовище для побудови і супроводу експертних систем реального часу, призначених для моніторингу, діагностики, оптимізації, планування й управління динамічним процесом.

У роботі ЕС виділяють два основних режими: набуття знань і розв'язування задач (режим консультації або режим використання). У режимі набуття знань спілкування з ЕС здійснює експерт.

Використовуючи компонент набуття знань, експерт описує проблемну область у вигляді сукупності фактів і правил. Тобто він “наповнює” ЕС знаннями, які дозволяють їй самостійно виконувати завдання у проблемній області. У традиційних програмних продуктах цьому режиму відповідають етапи: алгоритмізації, програмування і налагодження, що виконуються програмістом. Таким чином, на відміну від традиційного підходу розробку програм здійснює не програміст, а експерт, що не володіє високим рівнем програмування.

У режимі консультацій спілкування з ЕС здійснює кінцевий користувач, якого цікавить результат і (чи) спосіб його отримання.

Слід зазначити, що залежно від призначення ЕС користувач може:

- не бути фахівцем у цій предметній області, і в цьому випадку він звертається до ЕС за результатом, який не може отримати сам;
- бути фахівцем, і в цьому випадку він звертається до ЕС з метою прискорення отримання результату, покладаючи на ЕС рутинну роботу.

На відміну від традиційних програм, ЕС під час розв'язування задач не лише вико-

---

нує вказану алгоритмом послідовність операцій, але й сама заздалегідь формує її.

Добре побудована ЕС має можливість самонавчатися на виконуваних завданнях, автоматично поповнюючи свою базу знань результатами отриманих висновків і розв'язків.

Особливості ЕС з ідентифікації об'єктів, що відрізняють їх від звичайних програм, у тому, що вони мають володіти:

1) компетентністю, а саме:

– досягати експертного рівня рішень (в конкретній предметній області мати той же рівень професіоналізму, що й експерти-люди);

– бути вмільми (тобто застосовувати знання ефективно і швидко, уникаючи, як і люди, непотрібних обчислень);

– мати адекватну здатність лише поступово знижувати якість роботи, в міру наближення до меж діапазону компетентності або допустимої надійності даних;

2) можливістю до символічних міркувань, а саме:

– зображувати знання в символічному вигляді;

– переформульовувати символічні знання. (У мові штучного інтелекту символ – це рядок знаків, що відповідає змісту деякого поняття. Символи об'єднують, щоб виразити відношення між ними. Коли відношення зображені в ЕС, вони називаються символічними структурами);

3) глибиною, а саме:

– працювати в предметній області, що містить важкі завдання;

– використовувати складні правила (або складні конструкції правил, або велику їх кількість);

4) самосвідомістю, а саме:

– досліджувати свої міркування (перевіряти їх правильність);

– пояснювати свої дії.

Існує ще одна важлива відмінність ЕС. Якщо звичайні програми розробляються так, аби щоразу отримувати правильний результат, то ЕС розроблені так, щоб поводитися як експерти. Вони зазвичай дають правильні відповіді, але іноді, як і люди, можуть помилятися.

Традиційні програми для виконання складних завдань теж можуть робити помилки. Але їх дуже важко виправити, оскільки алгоритми, що лежать в їх основі, явно в них не сформульовані. Отже, помилки нелегко знайти і виправити. ЕС, подібно до людей, мають потенційну можливість учитися на своїх помилках.

Технологія розробки ЕС для ідентифікації об'єктів у державному контролі має включати шість етапів (рис. 11): ідентифікації; концептуалізації; формалізації; виконання; тестування; дослідної експлуатації. Розглянемо детальніше послідовності дій на кожному з етапів.

1. На етапі ідентифікації:

– визначаються завдання, що підлягають виконанню і відповідають меті розробки;

– визначаються експерти і тип користувачів.

2. На етапі концептуалізації:

– проводиться змістовний аналіз предметної області;

– виділяються основні поняття та їх взаємозв'язки;

– визначаються методи виконання завдань.

3. На етапі формалізації:

– обираються програмні засоби розробки ЕС;

– визначаються способи зображення всіх видів знань;

- формалізуються основні поняття.
- 4. На етапі виконання (найважливішому і трудомісткому) експерт наповнює базу знань, процес набуття знань поділяють:
  - на “витягання” знань з експерта;
  - на організацію знань, що забезпечує ефективну роботу ЕС;
  - на зображення знань у зрозумілому для ЕС вигляді.

Процес набуття знань здійснює інженер з відповідних знань на основі діяльності експерта.

5. На етапі тестування експерт та інженер з відповідних знань, використовуючи діалогові й пояснювальні засоби, перевіряють компетентність ЕС. Процес тестування триває доти, доки експерт не вирішить, що система досягла необхідного рівня компетентності.

6. На етапі дослідної експлуатації перевіряється придатність ЕС для кінцевих користувачів. За результатами цього етапу можлива істотна модернізація ЕС.

Процес створення ЕС не зводиться до чіткої послідовності цих етапів, оскільки в ході розробки доводиться неодноразово повертатися на більш ранні етапи і переглядати прийняті там рішення.

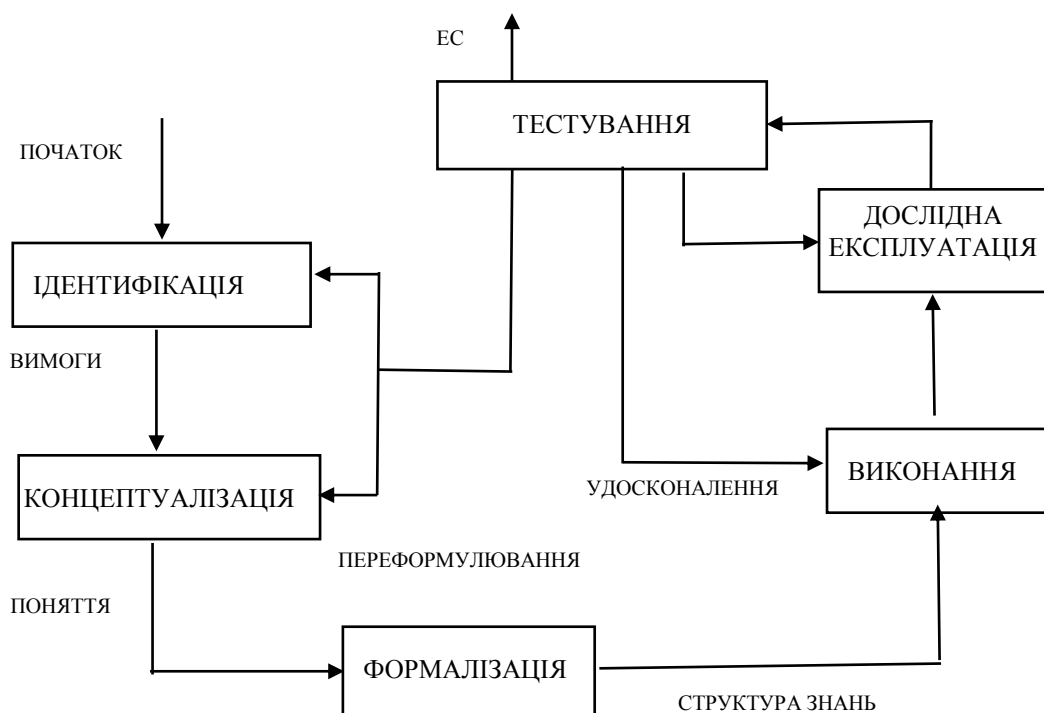


Рис. 11. Технологія розробки експертної системи

**Висновки.** Розробка та впровадження інформаційних технологій з ідентифікації складних науково-технічних об’єктів дозволить координально підвищити ефективність роботи митних підрозділів, діяльність яких пов’язана з експортним контролем. Залучення фахівців з інших галузей народного господарства буде необхідне тільки для підтримки та забезпечення ефективної роботи відповідного програмного забезпечення.

---

### Література

1. Грешилов А. А. Математические методы принятия решений / Грешилов А. А. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 584 с.
2. Леффингуэл Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход / Д. Леффингуэл, Д. Уидриг; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2002. – 448 с.
3. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Д. Джарратано, Г. Райли; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2006. – 1152 с.
4. Таунсенд К. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ / К. Таунсенд, Д. Фохт; пер. с англ. В. А. Кондратенко, С. В. Трубицына. – М. : Финансы и статистика, 1990. – 320 с.
5. Про державний контроль за міжнародними передачами товарів військового призначення та подвійного використання : Закон України // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 23. – Ст. 148 (зі змінами, внесеними згідно із Законом № 2561-VI (2561-17) від 23.09.2010 // ВВР. – 2011. – № 6. – Ст. 46).
6. Порядок здійснення державного контролю за міжнародними передачами товарів військового призначення : Постанова Кабінету Міністрів України від 20 листопада 2003 р. № 1807 (зі змінами і доповненнями, внесеними постановами Кабінету Міністрів України від 06.05.2009 р. № 443).
7. Порядок здійснення державного контролю за міжнародними передачами товарів подвійного використання: Постанова Кабінету Міністрів України від 28 січня 2004 р. № 86 (зі змінами і доповненнями, внесеними постановами Кабінету Міністрів України від 15.12.2010 р. № 1143).

