

УДК 004.9

В. Б. Говоруха, кандидат фізико-математичних наук,
завідувач кафедри вищої математики
та інформатики Академії митної служби України
О. К. Ткачова, старший викладач кафедри вищої
математики та інформатики Академії митної
служби України

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРОБКИ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

У статті розкрито головні теоретичні основи побудови систем підтримки прийняття рішень, етапи розробки та функціональна схема системи підтримки прийняття рішень (СППР) за допомогою застосування комплексу математичних методів для прийняття рішень; розглянуто особливості застосування деяких СППР для розв'язування різних класів задач.

В статье раскрыты главные теоретические основы построения систем поддержки принятия решений, этапы разработки и функциональная схема системы поддержки принятия решений (СППР) с помощью применения комплекса математических методов для принятия решений; рассмотрены особенности применения некоторых СППР для решения разных классов задач.

Basic theoretical bases of construction of the systems of support of making decision are exposed in the article, design times and functional diagram of the system of support of making decision by means of application of complex of mathematical methods for making decision; the features of application of some systems of support of making decision are considered for the decision of different classes of tasks.

Ключові слова. Система підтримки прийняття рішень, метод прийняття рішень, забезпечення СППР, функціональний набір СППР, функціональна схема.

© В. Б. Говоруха, О. К. Ткачова, 2010

Вступ. Сучасні технології, що дозволяють створювати, зберігати, переробляти й забезпечувати ефективні способи подання інформації, стали важливим фактором конкурентоспроможності й засобом підвищення ефективності управління всіма сферами суспільного життя.

Особливо актуальним стає питання розробки та впровадження систем підтримки прийняття рішень – інформаційних систем, призначених для формалізації й актуалізації слабоструктурованих і неструктурованих завдань планування, прогнозування й управління, що використовуються як інструмент оцінки управлінських проблем експертами та системними аналітиками.

Постановка завдання. Мета статті – дослідження стану й розвитку напрямку програмних прикладних систем, що бурхливо розвиваються: систем підтримки прийняття рішень, їх технічне, інформаційне, математичне забезпечення. Дана сфера багато в чому визначатиме розвиток інформаційної галузі в найближче десятиліття.

Результати дослідження. Останнім часом зростає необхідність прийняття раціональних рішень як для організації різного типу, так і окремо взятих індивідів. Засоби, які можуть використовуватись при цьому, варіюються від звичайної інтуїції до залучення групи висококваліфікованих експертів, а також застосування відповідних методів прийняття рішень і програмних засобів підтримки прийняття рішень, що базуються на них.

Система підтримки прийняття рішень (СППР) – комплекс програмних засобів, що включає комплекс різних алгоритмів підтримки рішень, базу моделей, базу даних, допоміж-

ні та керуючу програми для підтримки всіх стадій прийняття рішень у процесі аналітичного моделювання.

Керуюча програма забезпечує процес прийняття рішень з урахуванням специфіки проблеми. СППР використовується для підтримки різних видів діяльності у процесі прийняття рішень, а саме:

– полегшення взаємодії між даними, процедурами аналізу й їх обробки і моделями прийняття рішень, з одного боку, й особи, що приймає рішення, як користувача цих систем, – з іншого;

– надання допоміжної інформації, особливо для виконання неструктурованих або слабоструктурованих завдань, для яких важко заздалегідь визначити дані й процедури відповідних рішень.

СППР, як правило, – це результат дослідження, що включає теорію баз даних, штучного інтелекту, інтерактивних комп'ютерних систем, методів моделювання. За результатами огляду зарубіжних публікацій [1, 2], розглянемо основні методи побудови СППР (табл. 1).

Таблиця 1

Огляд основних підходів побудови СППР

Період	Основні підходи побудови СППР
До 60-х рр. XX ст.	Створені перші інформаційні системи менеджменту (MIS)
60-ті рр.	Модель-орієнтовані СППР (DSS) або системи управлінських рішень (MDS)
1971 р.	С. Мортон вперше описав СППР, що базуються на математичних моделях
1974 р.	MIS використовує програмне забезпечення, моделі управління

	і прийняття рішень, базу даних
1981 р.	Виділено компоненти, властиві СППР: мовна система, система презентацій, система знань, система обробки завдань
З 90-х рр. XX ст.	Розробляються сховища даних (Data Warehouses)
1993 р.	Е. Код для особливих СППР запропонував термін Olap
Поч. XXI ст.	Створена СППР на основі web

Формально систему підтримки прийняття рішень, з погляду системного аналізу, можна подати в такому вигляді [4]:

$$\{P, S, Z, K, SH, D, M, A, F, G, U, V, W\}, \quad (1)$$

де P – математична проблема; S – визначення системи; Z – визначення цілей системи; K – множина критеріїв ефективності системи; SH – множина шкал вимірів критеріїв; D – спосіб дослідження системи; M – методи моделювання системи; A – множина альтернатив; F – відображення множини альтернатив на множині критеріїв; G – система переваг особи, що приймає рішення (ОПР); U – вид цільової функції; V – універсальна множина; W – основне правило, що відображає систему переваг.

СППР складається з двох основних підсистем – це люди, що приймають рішення, і комп'ютерна система. Якщо менеджеру, наприклад, скласти виробничий план на рік, то, напевно, його першим кроком стане створення моделі прийняття рішень за допомогою простої СППР програми, наприклад Microsoft Excel, Lotus 1-2-3, Microsoft Project, Interactive Financial Planning Systems (IFPS)/Personal або Express/PC.

В основний функціональний набір СППР (Decision Support Systems) входять [2]:

- фінансове планування й бюджетування;
- формування консолідованої звітності (близько 200 звітів);
- створення інформаційної системи стратегічного управління на основі ключових показників діяльності (Balance Scorecards);
- аналіз взаємовідносин із клієнтами й постачальниками;
- аналіз ринкових тенденцій;
- функціонально-вартісний аналіз (Abc-costing);
- функціонально-вартісне керування (Activity Based Management, ABM);
- система постійних поліпшень (Kiezen Costing);
- багатомірний аналіз даних (OLAP);
- виявлення прихованих закономірностей (Data Mining);
- виявлення моделей (структур) даних;
- статистичний аналіз і прогнозування тимчасових рядів;
- управління бізнесом (Event-driven BI);
- аналіз ризиків;
- формування запитів (близько 500–600);
- інтелектуальний пошук;
- бізнес-моделювання й аналіз ефективності виконання бізнес-процесів;
- референтні галузеві моделі.

Інформаційною платформою є сховища даних (Data Warehouse).

Інструментальне середовище СППР – це інтеграційні системи, що ґрунтуються на відкритих стандартах. Ці системи відповідають вимогам інформаційної безпеки, масштабності, відкритості, багатомірного й різноманітного подання даних, інтелектуального інтерфейсу, інтегрованості з основними платформами й бізнес-додатками, інтеграція даних з різноманітних джерел, мережна інтеграція (насамперед, web).

Технічне забезпечення СППР пов'язано з:

- обробкою даних;
- надійним зберіганням даних і забезпеченням цілісності;
- архівацією та відновленням даних;
- мережним і телекомунікаційним забезпеченням;
- криптографічним забезпеченням;
- управлінням доступу користувачів;
- завантаженням даних, у тому числі з використанням засобів інтелектуального інтерфейсу (розпізнавання образів: тексту, мови, зображень).

Багато аналітичних завдань у сфері фінансів, бізнесу й управління потребують для виконання використання різних статистичних методів. Методи, що лежать в основі розробки СППР, можна розділити на класи, а саме:

- описової статистики та перевірки статистичних гіпотез;
- регресійного аналізу;
- дисперсійного аналізу;
- аналізу категоріальних даних;
- багатомірного аналізу;
- дискримінантного аналізу;
- кластерного аналізу;
- аналізу виживаності; аналізу й прогнозу тимчасових рядів;
- статистичного планування експериментів і статистичного контролю якості.

Аналітичні методи дають кінцевому користувачеві можливість здійснити весь цикл роботи з вихідними даними, що мають більші обсяги й нез'ясовану статистичну структуру. Цей цикл називається розвідкою даних (Data Mining) і складається з декількох етапів: вибірка, дослідження, модифікація, моделювання, оцінка результатів (Sample, Explore, Modify, Model, Assess). Засоби Data Mining дають можливість ставити й виконувати як традиційні, так і нетрадиційні завдання аналізу.

Під час роботи додатка на етапі вибірки відбувається формування підмножини спостережень із вихідних даних (добирання за критеріями або випадковий добір).

На етапах дослідження й модифікації можуть бути здійснені: фільтрація даних, відкидання даних із більшими викидами, перетворення вихідних змінних.

На етапі моделювання здійснюється побудова регресій та оптимізація підмножини змінних, прийняття рішень на основі методик нейронних мереж, побудова класифікаційних дерев для оптимального набору змінних і оптимального розбиття безлічі об'єктів, кластеризація й оптимальне групування об'єктів.

На етапі оцінки результатів користувач має можливість зіставити різні результати моделювання, вибрати оптимальні клас і параметри моделей, подати результати аналізу в зручній формі.

На етапі підготовки даних забезпечується доступ до будь-яких реляційних баз даних, текстових файлів. На основі підготовлених даних спеціальні процедури автоматично будують різні моделі для подальшого прогнозування, класифікації нових ситуацій, виявлення аналогій. Дані додатка підтримують побудову п'яти різних типів моделей – нейронні мережі, класифікаційні й регресійні дерева рішень, найближчі k -околиці, байєсів аналіз та кластеризацію.

В існуючих СППР використовується засіб інтелектуального аналізу даних (ІАД, Data Mining). Розглянемо його більш детально.

Першим напрямом розвитку засобів ІАД слід виділити методи статистичної обробки даних, які можна розділити на чотири взаємозалежні розділи:

- попередній аналіз природи статистичних даних (перевірка гіпотез стаціонарності, нормальності, незалежності, однорідності, оцінка виду функції розподілу та її параметрів);
- виявлення зв'язків і закономірностей (лінійний і нелінійний регресійний аналіз, кореляційний аналіз);
- багатовимірний статистичний аналіз (лінійний і нелінійний дискримінантний аналіз, кластер-аналіз, компонентний аналіз, факторний аналіз);
- динамічні моделі та прогноз на основі тимчасових рядів.

Серед найвідоміших і популярних засобів статистичного аналізу слід назвати пакети Statistica, SPSS, Systat, Statgraphics, SAS, BMDP, Timelab, Data-Desk, S-Plus, Scenario (BI), “Мезозавр” тощо.

Особливий напрям у спектрі аналітичних засобів ІАД становлять методи, що базуються на нечітких множинах. Їх застосування дозволяє ранжувати дані за ступенем близькості до бажаних результатів, здійснювати так званий нечіткий пошук у базах даних. Однак платою за підвищену універсальність є зниження рівня вірогідності й точності отримуваних результатів.

Другий напрямок ґрунтується на методі нейронних мереж. До програмних продуктів, що використовують кібернетичні методи ІАД, належать системи Polyanalyst, Neuroshell, Genehunter, Brainmaker, OWL, 4Thought. Безпосередньо до кібернетичних методів ІАД належать синергетичні методи, які використовуються для довгострокового прогнозу.

До третього великого розділу ІАД слід зарахувати сукупність традиційних методів розв'язку оптимізаційних задач – варіаційні методи, методи дослідження операцій (лінійне, нелінійне, дискретне, цілочислове), динамічне програмування, методи теорії систем масового обслуговування. Програмні реалізації більшості цих методів входять у стандартні пакети прикладних програм, наприклад Math CAD і Matlab.

До четвертого розділу засобів ІАД належать ті, які умовно назовемо експертними, тобто пов'язаними з безпосереднім використанням досвіду експерта. Це метод “найближчого сусіда”, який лежить в основі, наприклад, таких програмних продуктів, як Pattern Recognition Workbench.

Інший підхід до вибору розв'язків пов'язаний з побудовою послідовного логічного висновку – дерева розв'язків, у кожному вузлі якого експерт здійснює найпростіший логічний вибір (“так” – “ні”). Залежно від прийнятого вибору пошук розв'язку просувається по правій або лівій гілці дерева і зрештою діходить до термінальної гілки, що відповідає конкретному остаточному розв'язку [6]. Тут процес статистичного навчання виведено за межі програми і сконцентровано у вигляді деякого апріорного досвіду, укладеного в наборі гілок-розв'язків.

Один із різновидів методу дерев розв'язків – це алгоритм дерев класифікації й регресії, на основі якого розроблено продукти IDIS, 35.0, SIPINA тощо.

До експертних методів слід зарахувати предметно-орієнтовані системи аналізу ситуацій і прогнозу, що ґрунтуються на фіксованих математичних моделях, які відповідають тій або іншій теоретичній концепції. Роль експерта полягає у виборі найбільш адекватної системи й інтерпретації отриманого алгоритму. Прикладами програмних продуктів, що відповідають предметно-орієнтованим системам у галузі фінансів, є Wall Street Money, Metastock [1].

Розглянута ієрархічна послідовність показує, що можливий перехід до наступного етапу ускладнень без реалізації попереднього, хоча не виключаються ітерації, тобто повторення декілька разів того самого етапу або сукупності етапів для досягнення найбільш ефективного результату.

Як приклад можна навести СППР, що ґрунтуються на різних методах і розроблені в Росії:

- Optimum v1.0 – система, орієнтована на розв'язування інженерних задач глобальної оптимізації;
- Mpriority v1.0 – система, що базується на методі аналізу ієрархій (MAI) [3, 5];
- T-Choice v1.0 – система, що ґрунтується на табличному методі (ТМ) [3].

Програмна система Optimum v1.0 застосовується тоді, коли процес прийняття рішень має бути зведено до побудови й оптимізації деякої функції:

$$\Phi(x) \rightarrow \min_{x \in X} \quad (2)$$

де $x = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle \in [0, 1]^n$ – вектор параметрів моделі (цільової функції).

Основним алгоритмом оптимізації у СППР Optimum v1.0 є один зі стохастичних методів оптимізації – адаптивний випадковий пошук. Як метод, що уточнює поточне рішення, використовується метод Хука □–□

Дживса, один із детермінованих методів оптимізації.

Програмна система Mrgiority адаптована під особливості методу аналізу ієрархій (MAI), основним призначенням якого є розв'язування слабоструктурованих задач прийняття рішень [5].

Програма містить діалогові засоби, що дозволяє:

- легко будувати ієрархії, які відповідають задачам ПР;
- працювати одночасно з декількома задачами ПР;
- проводити попарні порівняння об'єктів ієрархії з використанням якісної шкали;
- отримувати повну інформацію про поточні порівняння;
- усувати можливі неузгодження даних;
- отримувати вектор пріоритетів вибраного рівня.

Система T-Choice базується на табличному методі, основна ідея якого – подання вхідних даних (оптимальних за Парето) у вигляді таблиці, де стовпці відповідають критеріям, за якими приймається рішення, а рядки – альтернативам, із подальшим сортуванням значень кожного стовпця, й призначенням такої межі для кожного з критеріїв, вихід за яку недопустимий [3]. Аналіз класичної схеми теорії прийняття рішень для реалізації СППР у рамках однієї предметної області виявив необхідність структуризації, оптимізації й актуалізації існуючих алгоритмів і методів, призначених для виконання завдань в управлінській діяльності.

За необхідності використання більших обсягів інформації в класичній схемі підтримки прийняття рішень необхідно використовувати бази даних і бази знань, а оптимальне застосування методів і правил формування системи критеріїв, генерації альтернатив, вибору й аналізу альтернатив дозволить інтелектуалізувати процес прийняття рішень.

Розроблена загальна функціональна схема СППР відповідає сучасним вимогам ІТ-технологій (рис. 1).

Функціональна схема СППР побудована так, що під час розгляду завдань система налаштовується на конкретну проблемну ситуацію. Можливість організації баз даних і баз знань більших обсягів дає можливість використовувати накопичену інформацію з урахуванням методів генерації рішень, формування системи критеріїв і вибору рішень залежно від предметної області проблеми.

Реалізація СППР у рамках наведеної схеми дає можливість розширювати кількість і коло завдань за умови програмної модернізації СППР та наповнення баз даних СППР і баз знань СППР. Однак таку складну систему повинні підтримувати фахівці, які залежно від призначення структурних елементів, умовно розбиті на групи відповідно до функціональних обов'язків: системні аналітики, експерти, дослідники й особи, що ухвалюють рішення.

Для проектування, побудови й програмної реалізації системи необхідна її орієнтація для підтримки прийняття рішень у рамках певної предметної області або декількох областей.

Висновки. Якщо говорити про практику впровадження розглянутих систем та інформаційних технологій в Україні, то вона перебуває на стадії розвитку. Тому виникає необхідність привернути увагу, насамперед, функціональних керівників в організаціях до наявних можливостей світової практики використання СППР і основних тенденцій. З одного боку, на українських підприємствах дані недооцінюються, а наявні бази даних часто дуже "бідні" для вибірки з них значущої інформації, тому що розроблялися для виконання облікових, а не управлінських завдань. З іншого боку, в Україні дуже обмежені можливості вибірки знань із даних унаслідок великої швидкості змін законодавчої бази, що дуже спотворює тимчасову статистику.

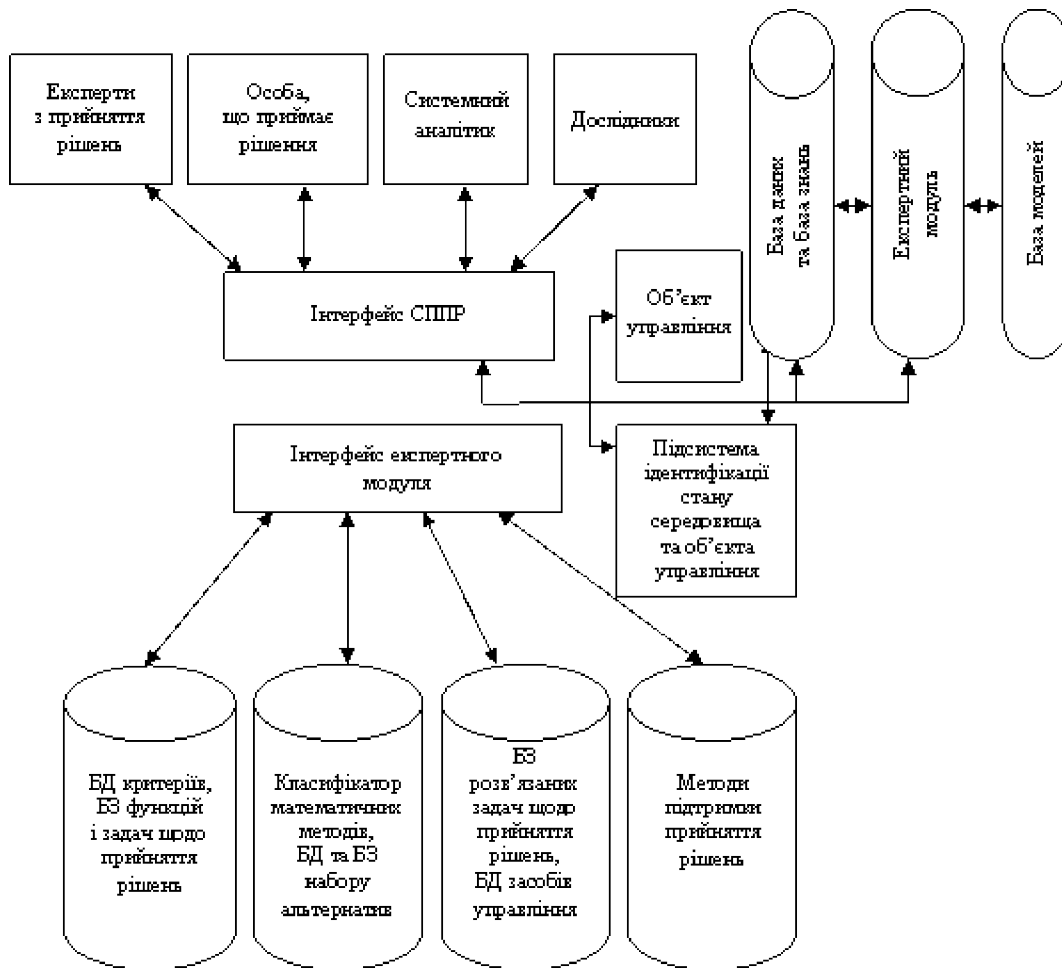


Рис. 1. Функціональна схема СППР

Можна говорити про найближчі орієнтири СППР:

- адаптивні системи;
- системи управління розподільчими процесами та ресурсами;
- системи формування та синхронізації графіків діяльності;
- системи, що ґрунтуються як на структурованих базах даних і знаннях інформації, так і на неструктурованій інформації.

На основі класичної схеми прийняття рішень і схеми методів, які поєднують основні етапи СППР, подано функціональну схему СППР, що відповідає вимогам сучасних тенденцій у сфері теорії прийняття рішень та ІТ-технологій. У розробленій схемі існує можливість використання баз даних і баз знань, необхідних для зберігання, моніторингу й аналізу великих обсягів інформації для роботи інтелектуальної системи, орієнтованої на підтримку прийняття рішень різних класів завдань. За умови реалізації СППР у рамках наведеної схеми існує можливість розширювати кількість і коло завдань у процесі експлуатації, якщо буде програмна модернізація СППР, наповнення баз даних і баз знань системи. Наявність комплексного набору алгоритмів, методів підтримки ухвалення рішення, що використовуються на кожному етапі, дозволить значно збільшити кількість функціональних завдань у різних предметних областях управлінської діяльності.

Література

1. Manuel Mora, Guisseppi A. Forgionne, Jatinder N. D. Gupta. Decision-Making Support Systems: Achievements and Challenges for the New Decade : Idea Group Publishing, 2002. – 437 p.
2. Power D. J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.com // <http://dssresources.com/history/dsshistory.html>
3. Абакаров А. Ш. Двухэтапная процедура отбора перспективных альтернатив на базе табличного метода и метода анализа иерархий / А. Ш. Абакаров, Ю. А. Сушков // Наука и образование. – 2008. – № 7. – С. 10–15.
4. Кіні Р. Л. Прийняття рішень при багатьох критеріях: переваги й заміщення : перекл. з англ. / Р. Л. Кіні, Х. Райфа ; за ред. І. Ф. Шахнова. – М. : Радіо і зв'язок, 1981. – 560 с.
5. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Decision-Making with Dependence and Feedback : перекл. з англ. / Саати Т. Л. – М. : ЛКИ, 2008. – 360 с.
6. Трахтенгерц С. А. Комп'ютерна підтримка формування цілей і стратегій / С. А. Трахтенгерц // Серія "Системи й проблеми управління". – М. : СИНТЕГ, 2005. – 224 с.