

Г.І. МІХАЛЕВСЬКА, В.Ц. МІХАЛЕВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет

ДЕЯКЕ МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Розглянуто основні етапи розвитку інформаційних систем та особливості розв'язання функціональних задач управління. Визначено важливість характеру інформаційного й математичного забезпечення для розв'язання функціональних задач з використанням систем підтримки прийняття рішень та забезпечення комп'ютерною підтримкою прийняття рішень зі слабоструктурованих та неструктурованих проблем організаційного управління.

Ключові слова: управлінська інформаційна система, системи підтримки прийняття рішень, структуровані рішення, неструктуровані рішення, програмний агент.

G.I. MIKHALEVSKA, V.TS. MIKHALEVSKYI
Khmelnytsky National University

SOME MATHEMATICAL AND INFORMATION SUPPORT OF SUPPORTING SYSTEMS FOR MAKING DECISIONS

The article deals with the main stages of the development of information systems and features of the solution of functional management problems. It is determined the importance of the nature of information and mathematical support for solving functional problems with the usage of decision support systems and providing computer support for making decisions from weakly structured and unstructured organizational management problems. At the stages of the development of information systems of the organizational type, the structure and abundance of data and computational procedures have changed significantly and become criteria for the allocation of generations of these systems. The development of information systems, especially the solution of functional problems, depended on the nature of information and mathematical support. Information systems, known as "Management Information System", which main function is to provide information management, are characterized by a structured flow of information, integration of data processing tasks, generation of requests and reports. Data models and dictionaries are widely used to describe the data. Effective forecasting involves the presence of a system of support for decision-making by the mathematical apparatus of methods in forecasting and experience of models application. The purpose of applying decision support systems is to increase the manager's ability and ability to make correct and scientifically sound decisions. The main types of using systems are the text DSS, hypertext DSS, oriented for using databases and data warehousing databases, table DSS, oriented on the models DSS, hybrid DSS. These systems have features that allow users to receive information or knowledge from an information system that has been programmed and configured by the user to take into account the experience of the user and his enterprise, as well as the capabilities of mathematical models and data warehouses that improve the quality of decision-making. The further development of information systems leads to the construction of computing environments that include e-commerce, new analytics capabilities, collaborative collaboration opportunities, design, and development of new products.

Keywords: management information system, support systems of making decisions, structured solutions, unstructured solutions, program agent.

Постановка проблеми. На етапах розвитку інформаційних систем організаційного типу структура і надмірність даних та процедури обчислень значно змінювалися та ставали критеріями для виділення поколінь цих систем. Розвиток інформаційних систем, особливості розв'язання функціональних задач залежали від характеру інформаційного й математичного забезпечення.

Інформаційні системи, відомі під назвою «Management Information System» — MIS («управлінські інформаційні системи», або «інформаційні системи в менеджменті»), головною функцією яких є забезпечення керівництва інформацією, характеризуються структурованим потоком інформації, інтеграцією задач оброблення даних, генерування запитів і звітів [1, 2]. Для опису даних широко застосовуються моделі та словники даних. Семантика даних, тобто вивчення їх змісту незалежно від окремих прикладних програм, стала самостійною галуззю досліджень. Створення та використання інформаційних систем організаційного управління, створення багатьох автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП), систем автоматизованого проектування конструкцій і технологій (САПР) мало великий вплив на зміну характеру діяльності управлінського персоналу.

Формулювання цілей статті (Постановка завдання). Дослідити особливості розв'язання функціональних задач управління із використанням системи підтримки прийняття рішень, забезпечених комп'ютерною підтримкою прийняття рішень зі слабоструктурованих та неструктурованих проблем організаційного управління.

Виклад основного матеріалу. Системи підтримки прийняття рішень – СППР (Decision Support Systems – DSS) – інтерактивні комп'ютерні системи, які призначені для підтримки різних видів діяльності в разі прийняття рішень стосовно слабоструктурованих або неструктурованих проблем [1, 2]. Інтерес до СППР як перспективної галузі використання обчислювальної техніки та інструментарію підвищення ефективності праці у сфері управління економікою постійно зростає. У багатьох країнах розробка та впровадження СППР перетворилося на сферу бізнесу, що швидко розвивається [3, 4].

СППР мають загальне не тільки інформаційне, але й математичне забезпечення — бази моделей, тобто реалізовано ідею розподілу обчислень подібно до того, як розподіл даних став вирішальним фактором у звичайних інформаційних системах. Усвідомлення важливості розподілу обчислень в автоматизованих

розрахунках виникло тоді, коли було помічено, що в багатьох прикладних програмах виконуються аналогічні обчислення, а індивідуальні фактори, які враховуються в прикладних програмах для допомоги конкретному користувачеві, мають незначні відмінності. Крім того, спостерігалось значне дублювання дій і процедур під час розроблення, реалізації та тестування цих обчислювальних функцій.

Сучасний етап розвитку економіки і бізнесу характеризується широким застосуванням для оброблення інформації та комп'ютерної підтримки рішень новітніх засобів інформаційних технологій, основним вираженням яких є інформаційні системи різного призначення й різної проблемної орієнтації. В загальному вигляді *інформаційну систему можна визначити як автоматизовану людино-машинну систему, визначальною особливістю якої є те, що вона забезпечує інформацією користувачів із різних організацій.* Для проблематики економіки й бізнесу використовуються здебільшого інформаційні системи організаційного типу (ICOT).

Нині застосовуються сотні типів прикладних інформаційних систем різного призначення й різної проблемної орієнтації, причому їх кількість постійно зростає. Увесь континуум типів прикладних інформаційних систем зображено на рис. 1.

Полярні позиції в цьому діапазоні посідають два типи систем: інформаційні системи в менеджменті (ICM), котрі інколи називають системами оброблення транзакцій (COT), та експертні системи (ЕС). Цю полярність занесено в таблицю 1.



Рис. 1. Континуум типів прикладних інформаційних систем

Таблиця 1

Порівняльні характеристики інформаційних систем у менеджменті та експертних систем

Характеристика	Інформаційні системи в менеджменті	Експертні системи
Логіка рішень	лінійна логіка, формалізовані (програмовані) процедури рішень	спеціалізовані евристичні, що ґрунтуються на базах знань і правилах виводу
Забезпечення звітів	регулярні звіти	нерегулярні звіти
Підтримка рішень	відсутність підтримки рішень	система сама створює рішення, відтворюючи логіку мислення людини-експерта

Проміжне місце між цими полярними інформаційними системами, виходячи з конкретних описів названих трьох визначальних характеристик (логіки рішень, забезпечення звітів та підтримки рішень), посідають системи підтримки прийняття рішень (СППР) і виконавчі інформаційні системи (ВІС) як особлива форма СППР. Зрозуміло, що існують десятки типів комбінованих інформаційних систем, яким можна поставити у відповідність певну позицію на рис. 2. Водночас і для головних типів інформаційних систем існує багато різновидів. Опишемо сучасні прогресивні підходи до створення створення інформаційних систем (ІС), а також новітні засоби інформаційних технологій, котрі тією чи іншою мірою відбивають нинішній рівень методології створення ІС (рис. 2).

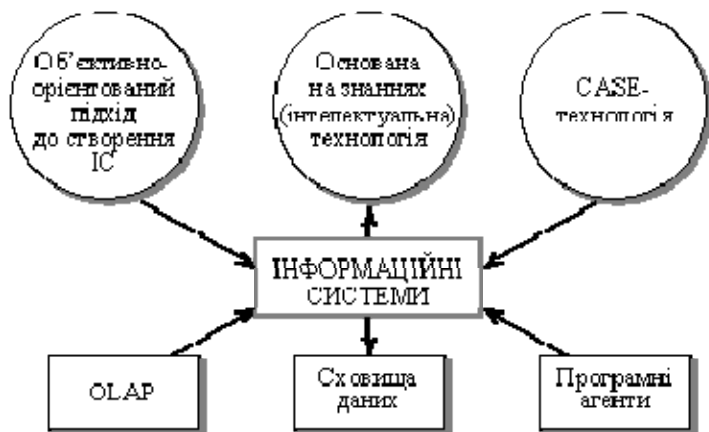


Рис. 2. Сучасні концепції створення інформаційних систем

Сучасні концепції створення інформаційних систем різного призначення ґрунтуються, в основному, на трьох підходах: *об'єктно-орієнтованій технології, CASE-технології та основаній на знаннях (інтелектуальній) технології.* Об'єктно-орієнтована технологія (Object-Oriented Technologies) стосується, насамперед, створення програмного забезпечення інформаційних систем. Спонукальним мотивом появи принципово нового підходу у програмуванні стало те, що в динамічному і конкурентному середовищі застосування ІС необхідно часто змінювати прикладні програми. Об'єктно-орієнтована методологія на даний час є досить ґрунтовно відпрацьованим підходом до створення програмних продуктів. Виокремлені і розроблені головні її компоненти: об'єктно-орієнтовані аналіз, проектування та програмування. Технологія об'єктно-орієнтованого проектування стала, у свою чергу, підґрунтям інженерії інформаційних систем – CASE-технології.

CASE (Computer-Aided Software/System Engineering) – технологія – сукупність технологічних та інструментальних засобів, що дають змогу максимально систематизувати й автоматизувати всі етапи створення програмного забезпечення інформаційних систем та інших ділових і комерційних програмних продуктів. Інжиніринг програмного забезпечення потребує принципово нового підходу до життєвого циклу

ПЗ, зокрема, послідовність етапів розроблення така: прототипування (макетування), проектування специфікацій, контроль проекту, генерування кодів, системне тестування, супроводження. Кожний із цих етапів має бути максимально автоматизованим.

Базована на знаннях (інтелектуальна) технологія передбачає впровадження в інформаційні системи та відповідні прикладні програми елементів штучного інтелекту, зокрема, баз знань і правил виводу для оброблення якісної інформації та природної мови за створення користувацького інтерфейсу. Інформаційні системи, котрі містять елементи штучного інтелекту, називаються *інтелектуальними інформаційними системами*. До інформаційних систем, котрі повністю базуються на знаннях і правилах маніпулювання ними, належать експертні системи. Створені також окремі продукти на базі комерційних технологій штучного інтелекту. Останніми роками створено нові засоби інформаційних технологій, зокрема, *OLAP, сховища даних, програмні агенти*, котрі застосовуються і самостійно, і як компоненти інформаційних систем. Безумовно, використання їх в інформаційних системах має комплексний характер, проте вони можуть розглядатися як окремі типи програмних засобів, право на розроблення яких виборюють десятки найбільших фірм світу.

Програмні агенти — це автономні програми, котрі автоматично виконують конкретні завдання з моніторингу комп'ютерних систем і збору інформації в мережах. Вони діють від імені користувача для забезпечення бажаних результатів, так само як людина-агент діє в інтересах замовника, щоб розширити його можливості. Сучасні програмні агенти, котрі постійно еволюціонують, не тільки проводять спостереження і виконують різні вимірювання, але й розв'язують завдання щодо управління мережами. Зокрема, інтелектуальні агенти здатні автоматизувати численні операції керування мережами, наприклад, вибір оптимального трафіка, контроль за завантаженням, поновлення даних за спотворень у процесі обміну тощо. Крім того, інтелектуальні агенти можуть застосовуватися і в інших галузях: для передавання повідомлень, вибирання інформації, автоматизації ділових процедур.

Існує багато типів програмних агентів (стаціонарні й мобільні та ін.), котрі розроблені з застосуванням результатів досліджень у нейронних мережах, нечіткої логіки, інтерпретації текстів природною мовою, колаборативної фільтрації:

- **Функції.** Агент виконує низку завдань за дорученнями користувача (або іншого агента).
- **Можливості щодо обміну інформацією.** Агент мусить мати можливість обмінюватися інформацією з користувачем (а також іноді з іншими агентами), щоб отримувати від нього інструкції, повідомляти йому про хід і завершення виконання завдань і передавати отримані результати.
- **Автономність.** Агент працює без прямого втручання користувача. Завдання, що виконуються агентом, можуть бути найрізноманітнішими — від щонічного резервного копіювання даних до пошуку (за дорученням користувача) продавця, що пропонує зазначений продукт за найнижчою ціною.
- **Моніторинг.** Щоб мати можливість виконувати свої завдання в автономному режимі, агент має бути здатним контролювати середовище, в якому він діє.
- **Активация.** Щоб мати можливість працювати в автономному режимі, агент має бути здатним впливати на своє робоче середовище за допомогою механізму активзації (самостійного переходу).
- **«Розумність».** Агент має бути здатним інтерпретувати події, що контролюються ним, щоб ухвалювати належні рішення.
- **Безперервність роботи.** Агенти мають виконувати свої завдання постійно у часі.
- **«Індивідуальність».** Деякі агенти можуть мати добре виражений індивідуальний «характер».
- **Адаптивність.** Деякі агенти, ґрунтуючись на нагромадженому досвіді, автоматично пристосовуються до звичок і переваг своїх користувачів і можуть пристосовуватися до змін у навколишньому середовищі.
- **Мобільність.** Деякі агенти мають допускати можливість переміщення їх в інші комп'ютери, у тому числі й на системи іншої архітектури та інші платформи.

Програмні агенти різняться за їх складністю та функціями. Як приклад, розглядають системи електронної пошти, які містять агентів, що допомагають оперувати великою кількістю повідомлень, які люди отримують кожного дня. Агент фільтрує пошту, попереджує про небезпеку, про наявність пріоритетних повідомлень, перенаправляє повідомлення у разі відсутності користувача і відкидає повідомлення за його вказівками.

Програмні агенти, що самі навчаються, спостерігають за тим, як користувач реально використовує програму, і пропонують виконувати це самі автоматично. Наприклад, якщо користувач читає всі повідомлення спершу від керівника (шефа), то агент міг би запропонувати помістити всі його повідомлення на початку списку. Агент може керуватися часом, подією або алгоритмом чи деякою їх комбінацією. Наприклад, агент міг би бути запрограмованим так, щоб попередити користувача про небезпеку, коли ціна на сировину перевищить заданий заздалегідь рівень. Або (приклад *керування за часом*), агент в кінці дня перевіряє, рівень запасів на складі, формує заявку на закупівлю у випадку якщо запасів недостатньо. Попереджувачі агенти постійно переглядають середовище з метою пошуків певної інформації. Наприклад, агент може постійно шукати інформацію про клієнтів в сховищах даних і Інтернеті та надсилати попереджати менеджера, що інформація знайдена. Керований користувачем агент має шукати інформацію тільки тоді, коли йому дана на це вказівка.

В інформаційних системах, зокрема в СППР, програмні агенти можуть застосовуватися для пошуку

в базах даних потрібної для користувача інформації, для її аналізу з метою виявлення тенденцій або розробки моделей. Крім того, інтелектуальні агенти можуть швидко отримувати інформацію для ідентифікації незвичайних ситуацій, що дасть змогу користувачеві негайно на них зреагувати.

Користувачі інформаційних систем можуть знаходити інформацію з використанням розумних агентів на конкретну дату або здійснювати пошук за подіями. Наприклад, менеджер може виконувати регулярну перевірку браку або пропуску звітних даних для висвітлення через індикатори тих проблем, на які необхідно звернути увагу. Менеджер за допомогою розумного агента може також знаходити інформацію про просування товарів вище запланованого рівня або після досягнення конкретним показником точно визначеного рівня.

Результати роботи агентів можуть поєднуватися з іншими блоками інформаційної системи. Наприклад, агент може знайти інформацію, яку слід автоматично імпортувати до задачі з формування прогнозу для визначення майбутнього попиту. За бажання інший агент може бути переключений на результати розв'язання деяких задач для автоматичного інформування управлінського персоналу.

Програмні агенти включаються в програмне забезпечення додатків. Менеджери та інші працівники, які використовують знання, перенавантажені інформацією. Тому, проблема полягає у впорядкуванні існуючої інформації та виявленні тієї, яка є найважливішою. Програмні агенти застосовуються, щоб допомогти менеджерам охопити великі масиви даних і інформації, які зберігаються в електронному вигляді. Програмний агент функціонує в СППР як фоновий, базовий процес, який застосовує низку логічних правил для того, щоб автоматично спостерігати за певною сукупністю даних, з метою пошуку зразка, що відповідає цим правилам, і інформувати зацікавлених користувачів, коли такі зразки виявляються. Цей вид агентів також називають «*програмним агентом-фільтром*» чи «*програмним агентом-спостерігачем*».

Програмні агенти є цінними інструментальними засобами для допомоги користувачам СППР та виконавчих інформаційних систем в аналізі великих баз даних на безперервній основі.

Системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems — DSS) належать до інформаційних систем нового покоління, головне призначення яких полягає в забезпеченні комп'ютерною підтримкою прийняття рішень зі слабоструктурованих та неструктурованих проблем організаційного управління на різних етапах підготовки рішень і моніторингу. У класичному розумінні СППР є інформаційною системою, котра має такі компоненти: інтерфейс користувача, систему керування базами даних (СКБД), систему керування базами моделей (СКБМ), систему керування повідомленнями (СКП), що з'явилася лише останніми роками.

Виконавчі інформаційні системи або інформаційні системи для керівників (*Executive Information System — EIS*) — це спеціалізовані СППР, що допомагають виконавцям аналізувати важливу інформацію і використовувати відповідні інструментальні засоби, щоб направляти її для створення стратегічних рішень у межах певної організації. Зокрема, ВІС допомагають керівникам точніше розробляти актуальне цілісне зображення операцій своєї організації, а також конкурентів, постачальників та споживачів (замовників).

Системи підтримки прийняття рішень можуть бути корисними для розробки слабо структурованих рішень. Особливості таких рішень показано в таблиці 2. СППР дають можливість виробити правильне рішення в умовах невизначеності чи часткової невизначеності та браку інформації та знань.

Процес прийняття рішень в СППР полягає у трьох фазах.

Перша фаза дослідницька. На цій фазі досліджуються знання та інформація з внутрішніх та зовнішніх джерел. В процесі дослідження розуміння проблеми стає більш ясними і обґрунтованим, альтернативи і їх наслідки більш зрозумілими.

Друга фаза — проектування. На цьому етапі менеджер формулює знання про результати альтернативних дій оцінює їх наслідки для функціонування системи. На цьому етапі менеджер може виробляти додаткові знання.

Третя фаза — вибір рішення. На цьому етапі менеджер виконує вибір між альтернативами з урахуванням їх наслідків, які були проаналізовані і досліджені на першій і другій фазах.

Таблиця 2

Особливості розробки слабо структурованих рішень

Структуровані рішення	Неструктуровані рішення
Регулярні, повторювані рішення	Ненадійні, рідко повторювані рішення
Засновані на стабільних умовах	Засновані на випадкових і умовах, і даних
Альтернативи чіткі	Альтернативи неясні
Наслідки альтернатив визначені	Наслідки альтернатив невизначені
Критерії вибору чітко визначені	Критерії вибору неоднозначно визначені
Спеціальні знання відомі	Спеціальні знання, необхідні для прийняття рішень, невідомі
Необхідне знання легко доступне	Необхідне знання недоступне
Заздалегідь відомо повний набір кроків для досягнення рішення	В процесі прийняття рішень застосовуються нестандартне мислення, мозковий штурм, синтез, аналогія
Опора на традиції	Опора на розвідку, творчість, прозоріння, винахідливість

Прийняте рішення може бути застосовано не одразу, а через деякий час, який підтвердить

правильність прийнятого рішення. Всі три фази не завжди йдуть послідовно, вони можуть перекривати одна одну і процес прийняття рішення може бути ітеративним.

Структура систем підтримки прийняття рішень включає в себе наступні елементи

1. Лінгвістична система;
2. Система подання даних та інформації;
3. Система обробки задач;
4. Системи обробки задач конкретних предметних областей, системи знань.

На рис. 3 показана взаємодія елементів і структура системи підтримки прийняття рішень. В загальній архітектурі СППР ми бачимо важливі і фундаментальні аспекти, загальні для всіх систем підтримки прийняття рішень. Конкретна система підтримки прийняття рішень буде містити чотири вказаних елемента, але треба буде додатково сформулювати особливості цієї системи, які враховують вимоги, що висуваються до цієї системи.

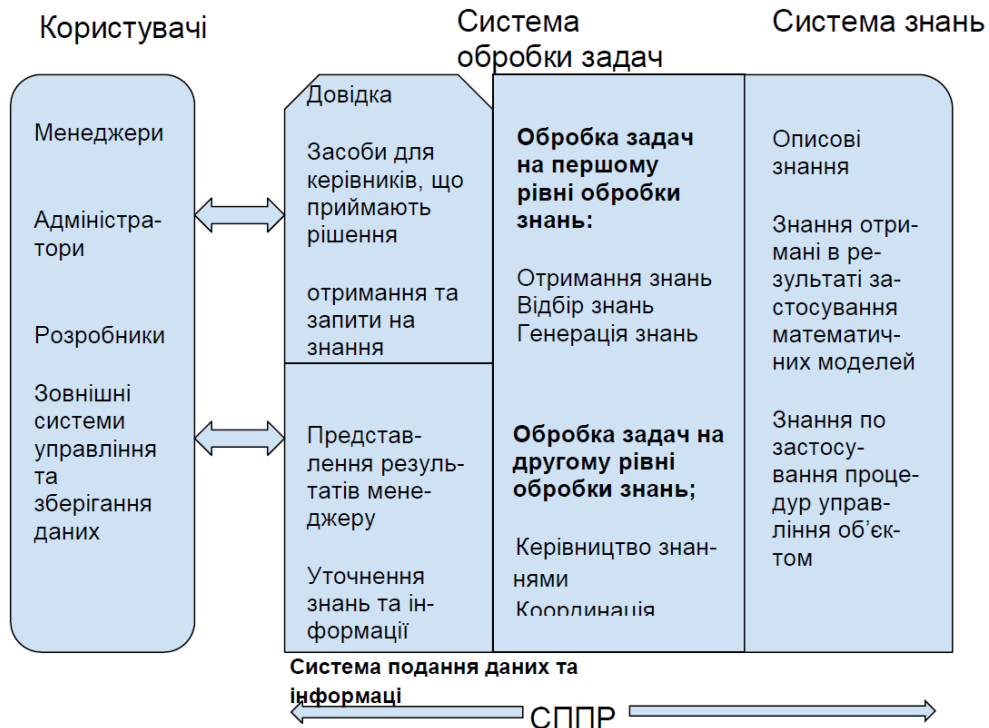


Рис. 3. Архітектура системи підтримки прийняття рішень

Для отримання науково обгрунтованих управлінських рішень системи підтримки прийняття рішень використовують математичні моделі. Серед них найбільш популярними у використанні є такі типи моделей: оптимізаційні, статистичного аналізу, прогнозні, нейромережеві.

Впровадження моделей в системах підтримки прийняття рішення містить наступні етапи [1, 4, 5]:

- Формалізація вихідної проблеми.
- Побудова математичної моделі.
- Розв'язання моделі.
- Перевірка адекватності моделі.
- Впровадження результатів розв'язку.

Формалізація проблеми представляє собою осмислення і формулювання в чіткій письмовій формі суті економічної чи організаційної проблеми. На цьому етапі мають бути визначені критерії, за якими буде виконуватися моделювання, а також має бути визначено економічний зміст критеріїв і обмежень задачі оптимізації або мета статистичного аналізу, критерії прогнозування та навчання моделей нейронних мереж.

Після того, як економічний зміст задачі чітко сформульовано переходять до етапу перекладу задачі на математичну мову, тобто побудову математичної моделі. Оптимізаційна модель містить критерій оптимізації який називається цільовою функцією та обмеження.

Критерій оптимізації – це показник ефективності функціонування системи управління. Цільова функція є математичним формулюванням критерія оптимізації. Цільова функція максимізується або мінімізується. На цільову функцію накладаються обмеження. Зазвичай вони формуються у вигляді нерівностей. Загальний вигляд математичної моделі може бути представлений наступним чином.

$$p = \min f_0(x), \text{ обмеження } f_i(x) \text{ } \forall i = 1, \dots, m$$

де x – змінна задачі оптимізації; f_0 – цільова функція; f_i – обмеження; p – оптимальне значення цільової функції.

Методи розв'язку таких моделей показано на рис. 4 [1]. В системах підтримки прийняття рішень застосовується велика кількість економіко-математичних моделей. Важливим етапом в розробці моделей є

правильний вибір критеріїв оптимізації. Існує ряд методів лінійного, цілочислового, нелінійного програмування які дозволяють розв'язати широкий спектр задач. Нейромережеві моделі дозволяють побудувати системи зі штучним інтелектом які можуть навчатися. Апарат теорії ігор дозволяє змодельовати конфліктні ситуації, конкуренцію на ринку, знайти оптимальне рішення для розв'язання таких проблем.

В системах підтримки прийняття рішення широко застосовуються методи прогнозування. Найбільш ефективними з точки зору точності прогнозу є методи короткострокового і середньострокового прогнозування. Для прогнозування часових рядів у яких спостерігається тренд є доцільним використовувати прогнозування із використанням регресійних моделей. Для стаціонарних процесів доцільно застосовувати метод статистичної екстраполяції або ковзного середнього чи експоненційного згладжування. Для приведення нестационарних процесів до стаціонарного вигляду існує ряд ефективних методів.

Ефективне прогнозування передбачає наявність у користувача СППР фахового володіння математичним апаратом методів прогнозу та досвіду застосування моделей.

Висновки. Метою застосування систем підтримки прийняття рішень є підвищення можливості і здібності менеджера для прийняття правильних і науково обґрунтованих рішень. Основними типами систем, які використовуються, є текстові СППР, гіпертекстові СППР, орієнтовані на використання баз даних та сховищ даних СППР, табличні СППР, орієнтовані на моделі СППР, СППР, які використовують штучний інтелект, гібридні СППР. Ці системи відрізняються можливостями які дозволяють користувачам отримувати інформацію або знання з інформаційної системи яка була запрограмована і налаштована користувачем так, щоб врахувати досвід користувача і його підприємства, а також можливості математичних моделей та сховищ даних, які поліпшують якість прийняття рішень. Подальший розвиток інформаційних систем призводить до побудови обчислювальних середовищ, які включають в себе електронну комерцію, нові можливості аналітики, можливості колективної співпраці, проектування, розробку нової продукції.

Література

1. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посібн. / Демиденко М.А. – Дніпропетровськ : НГУ, 2016. – 104 с.
2. Демиденко М.А. Управління проектами інформатизації : навч. посібн. / Демиденко М.А. – Дніпропетровськ : НГУ, 2014. – 118 с.
3. Корнеев В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / Корнеев В.В. – М. : Нолидж, 2000. – 352 с.
4. Ситник В.Ф. Основи інформаційних систем : навч. посіб. / Ситник В.Ф. – Вид. 2-е, перероб. і доп. – К. : КНЕУ, 2001. – 420 с.
5. Спирли Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка, реализация. Том. 1 / Спирли Э. ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2001. – 400 с.

References

1. Demidenko M.A. Support Systems of Making Decisions. Teaching manual. Dnipropetrovsk: NMU, 2016. 104 p.
2. Demidenko M.A. Information projects management. Teaching. Manual. Dnipropetrovsk: NMU, 2014. 118 p.
3. Korneev V.V. and other databases. Intelligent processing of information. M.: Holidge, 2000. 352 p.
4. Sitnik V.F. and others. Fundamentals of Information Systems: Teaching. Manual. Kind. 2nd, processing and add. K.: KNEU, 2001. 420 p.
5. Spirli E. Corporate data warehouses. Planning, development, implementation. Volume. 1. Transl. from English. M.: Williams, 2001. 400 p.

Рецензія/Peer review : 21.10.2018 р.

Надрукована/Printed :20.11.2018 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Сорокатиї Р.В.

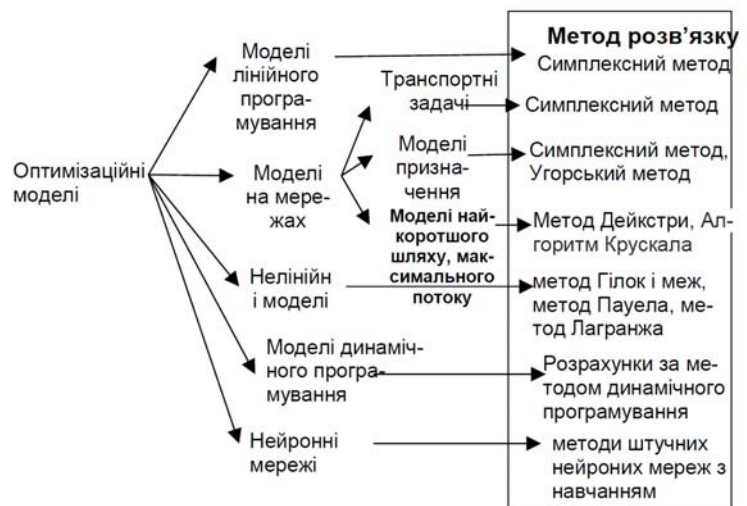


Рис. 4. Моделі в задачах СППР та методи їх математичного розв'язку