

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОСТЕЙ У СИСТЕМІ ПЛАНУВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

© Шаховська Н.Б., 2002

The main problems of planning process described. The uncertainties in document planning are described. Conceptual schema and main decision questions are considers. The mechanism of interval data aggregation are described. The selection operator with uncertainties parameters are described.

Визначено основні проблеми процесу планування. Описано нечіткості, які виникають при плануванні документа. Запропоновано концептуальну схему системи планування та наведено алгоритми для вирішення задач, які виникають у процесі обліку та планування фінансово-економічної діяльності підприємства. Описано механізм агрегації інтервальних величин у базах даних. Описано оператор вибірки з нечіткими параметрами.

В основному під системою фінансово-економічного управління розуміють поєднання бухгалтерської підсистеми та засобів автоматизації купівлі/продажу, включаючи складську діяльність [1, 6, 7]. Практично кожного року на ринку вітчизняних та закордонних програмних продуктів з'являється нова система фінансово-економічного обліку, але реально застосовуються лише кілька з них [7]. Однією з причин є неврахування у системах факторів нечіткості, який присутній у таких функціях, як виробництво, аналіз фінансово-господарської діяльності, бізнес-планування і оцінка бізнесу, управління взаємозв'язками з клієнтом тощо. При опрацюванні нечітких величин, поданих у вигляді інтервалів, лінгвістичних або стохастичних оцінок у базах даних стандартними засобами функцій агрегування (підсумовування меж інтервалів або стохастичних оцінок тощо) ми отримуємо або великі інтервали, або набір некоректних нечітких величин, які, звичайно, не можуть зацікавити користувача. Зазвичай опрацювання нечіткостей виноситься на прикладний рівень (наприклад, метод PERT, методи бізнес-аналізу), а у запитах коректність даних не відслідковується. Отже, існує висока імовірність при подальшому опрацюванні використовувати неправдиву інформацію. Тому при обробці нечіткої інформації виникає задача отримання коректних даних, придатних для подальшого бізнес-аналізу.

У статті подано концептуальну модель системи планування діяльності підприємства з врахуванням фактора нечіткості та запропоновано алгоритми для аналізу планів.

1. Концептуальна модель

Концептуальну модель подамо за допомогою функціональної, ієрархічної та логічної структур.

1.1. Функціональна структура системи

Контекстна діаграма планувальника містить інтегровані сутності: *Підприємство*, що включає в себе сутності *Працівник*, *Підрозділ*, *Угода*, *Продукція*; *Нормативна база*, яка є базою неформальних правил побудови планів та встановлення умов їх виконання. Прикладом таких правил є параметри виконання угоди.

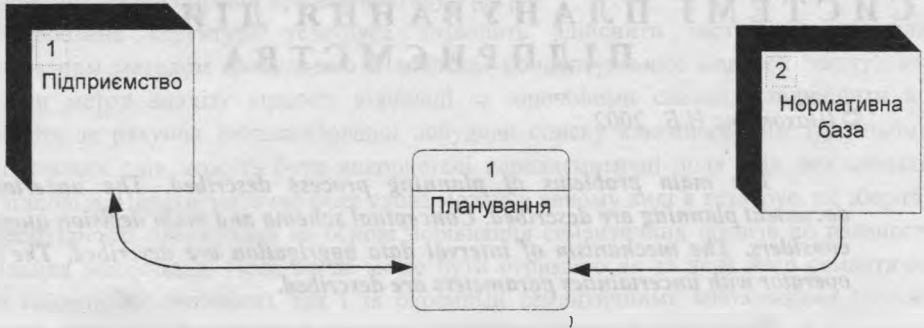


Рис. 1. Контекстна діаграма планувальника

Загальний процес планування поділяється на:

1. *Планування документів*. Результатом виконання плану є документ, згенерований на основі параметрів плану без ніяких зовнішніх втручань (або враховуючи зміни, якщо потрібно). Кількісні та часові характеристики документа зображаються у вигляді інтервалів сподіваних значень. Найзагальніше ця функція планування виражена через ланцюжок документів, згенерований згідно із ланцюжком планів, який утворюється у результаті планування угоди. Прикладами такого ланцюжка є:

- банківський документ → документ про торгівлю → документ про відвантаження (партнер здійснив передоплату);
- періодично сформовані документи про відвантаження та банківські документи (партнеру здійснюється відвантаження продукції протягом певного періоду часу згідно з певною угодою).

2. *Планування дій керівника та менеджерів* – аналог електронного записника, який у потрібний час нагадує про заплановану дію.

3. *Аналіз виконання* може стосуватись конкретних плану та документа або мережі планів. Призначений для встановлення у режимі реального часу:

- рівня завантаження структурних одиниць підприємства та окремих працівників;
- “слабкої” ланки у ланцюжку виробництва, через яку стався збій;
- рівня перевищення норм та причин, через які це перевищення сталося;
- партнерів, які не дотримались умов угоди або які мають велику заборгованість;
- партнерів-кредиторів.

Результатом аналізу групи планів є агреговані значення нечітких атрибутів: інтервальні величини кількісних та часових характеристик, ступінь довіри, імовірність виконання. Формуються такі нечіткі характеристики:

- довіра до клієнта;
- ймовірність відмови;
- виробничий ризик.

Алгоритми визначення цих величин подані у [9].

Діаграма потоків даних планування подана на рис. 2.



Рис. 2. Діаграма потоків даних планування

Деталізація процесу планування документів подана на рис. 3. Діаграма містить інтегровані сховища документів усіх типів DC та норм і планів PL.



Рис. 3. Діаграма потоків даних планування документів

Діаграма потоків аналізу планів показана на рис. 4 – рис. 5.



Рис. 4. Діаграма потоків даних аналізу планів

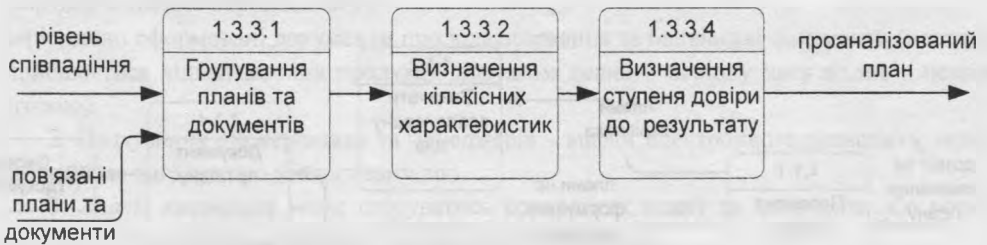


Рис. 5. Діаграма потоків даних зіставлення

1.2. ІЄРАРХІЧНА СТРУКТУРА

Ієрархія задач планування подана на рис. 6.

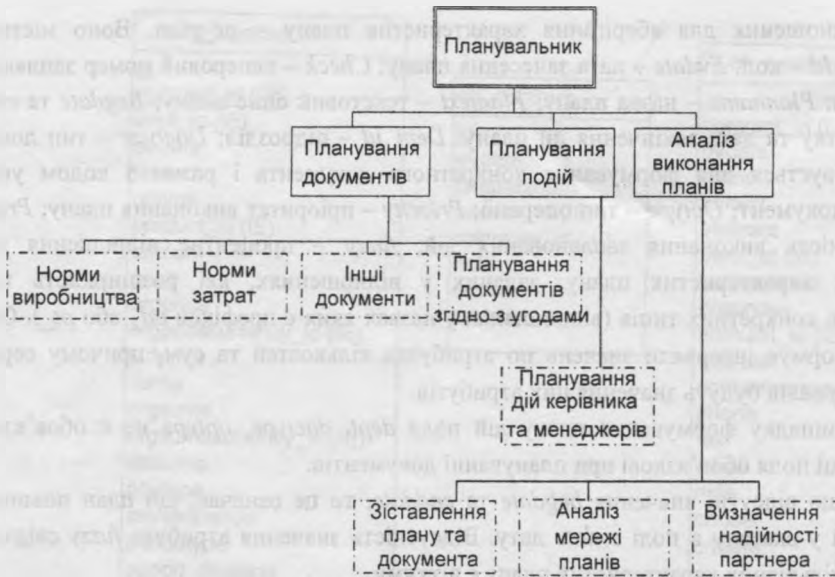


Рис.6. Структура планувальника

1.3. ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ

Згідно з [5] логічна модель системи планувальника повинна забезпечувати історичність, атомарність та семантичну відкритість. Логічна схема процесу планування документа подана на рис. 7.

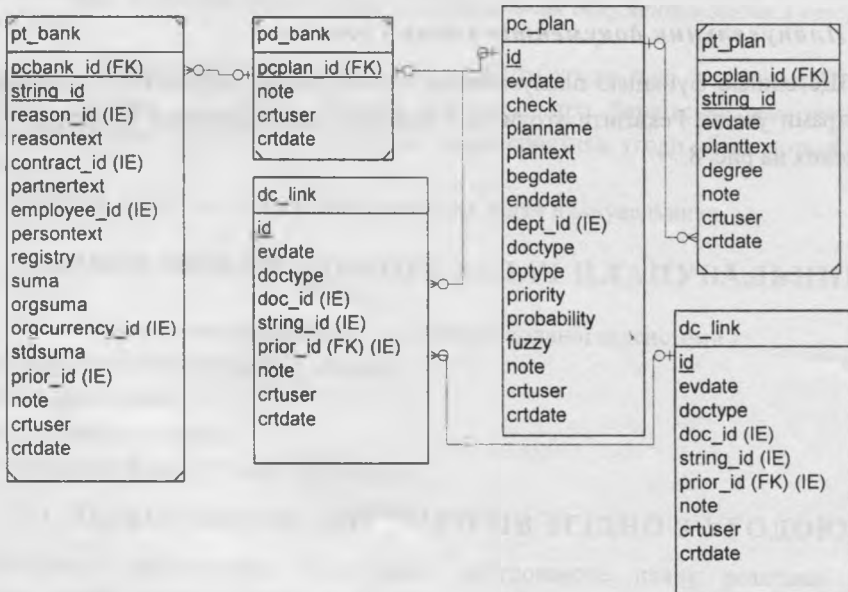


Рис. 7. Логічна схема таблиць Планування документів

Відношення для зберігання характеристик плану – *ps_plan*. Воно містить такі атрибути: *Id* – код; *Evddate* – дата занесення плану; *Check* – паперовий номер запланованого документа; *Planname* – назва плану; *Plantext* – текстовий опис плану; *Begdate* та *enddate* – дати початку та дата закінчення дії плану; *Dept_id* – підрозділ; *Doctype* – тип документа, використовується для формування конкретного документа і разом з кодом унікально визначає документ; *Optype* – тип операції; *Priority* – пріоритет виконання плану; *Probability* – ймовірність виконання запланованих дій; *fuzzy* – процентне відношення похибки кількісних характеристик плану, заданих у відношеннях, які розширюють план до документів конкретних типів (відношення, у назвах яких є префікси *pd_* або *pt_*). Останній атрибут формує інтервали значень по атрибутах кількостей та сум, причому серединою таких інтервалів будуть значення цих атрибутів.

У випадку формування плану дій поля *dept*, *doctype*, *optype* не є обов'язковими. Водночас ці поля обов'язкові при плануванні документів.

Якщо відсутні значення *begdate* та *enddate*, то це означає, що план повинен бути виконаний у вказану в полі *evdate* дату. Відсутність значення атрибута *fuzzy* свідчить, що значення кількісних характеристик плану є чіткими.

Відображенням історії плану є відношення *pt_plan*. Розширенням плану до конкретного документа є відношення з префіксом *pd_* (зв'язок *один до одного*). Деталі запланованого документа зберігаються у відношенні з префіксом *pt_* у назві. На рис. 7 показано планування банківського документа.

Зв'язок між планами та документами здійснюється через відношення *dc_link*. У ньому перший запис вказує на об'єкт-предок, а другий – на об'єкт-нащадок. Ця таблиця слугує для організації зв'язку *багато-до-багатьох*, тобто для формування мережі рішень.

1.3.1. Планувальник документів згідно з угодою

Ще однією функцією планувальника є планування документів, створених згідно з параметрами угоди. Реквізити угоди та її кількісні характеристики містяться у таблицях, зображених на рис. 8.

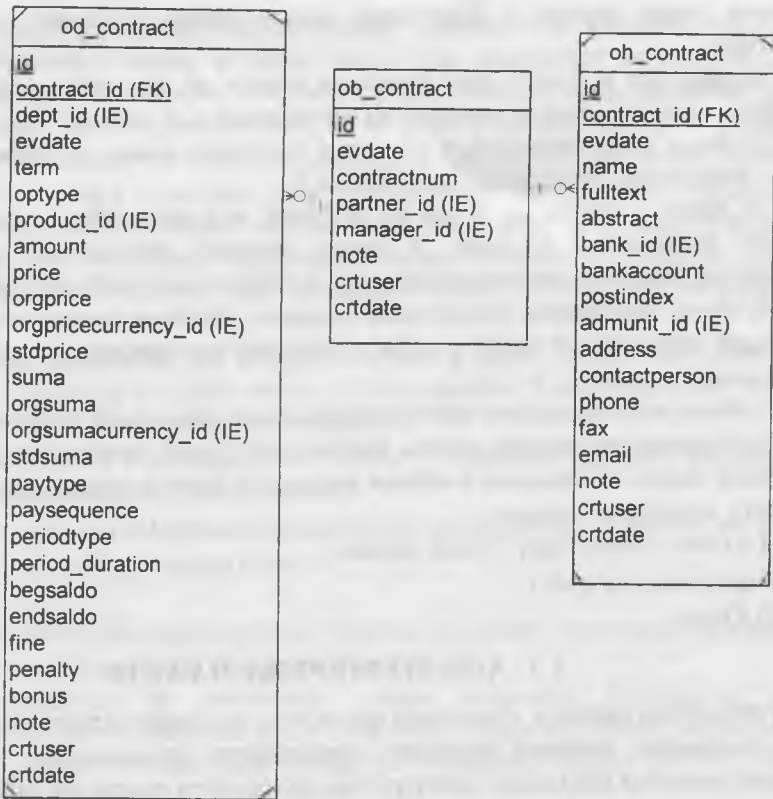


Рис. 8. Логічна схема таблиць *Планувальник документів згідно з угодами*

Таблиця *ob_contract* містить незмінні атрибути угоди, такі як код партнера та код менеджера. Таблиця *oh_contract* містить відомості про банківські реквізити, адресу, телефон, повну назву угоди тощо. Кількісні характеристики угоди зберігаються у таблиці *od_contract*.

Наведемо алгоритми розв'язання основних задач планувальника.

2. ВИРІШЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАДАЧ ПЛАНУВАЛЬНИКА

Основними задачами планування у контексті поданої підсистеми є:

- Планування документів згідно з угодою,
- Аналіз мережі планів,
- Аналіз виконання планів.

Розглянемо кожну із задач докладніше.

2.1. ПЛАНУВАННЯ ДОКУМЕНТІВ ЗГІДНО З УГОДОЮ

Основною передумовою найточніше побудованого плану реалізації угоди є відсутність невизначених значень у відношенні *od_contract* (див. рис. 8). Планування

виконання угоди полягає у формуванні мережі планів у вказані терміни за таким алгоритмом:

1) Дані по підрозділ, дату занесення, термін дії *term*, тип операції та суми по документах заповнюються автоматично на основі даних з *od_contract*.

2) Якщо угода реалізується на основі існуючого плану, то формуємо документи згідно з цим планом і переходимо на 6). Інакше 3)

3) Якщо у реквізитах угоди не вказаний код продукції, то плануємо касовий документ (відношення *pd_cash*). У цьому випадку проводиться виплата з боку підприємства. Інакше формуємо документ про торгівлю (відношення *pd_trade*).

4) Якщо запланована передплата (значення атрибута *paysequence*), то формуємо банківський документ (*pd_bank*), а потім – документ про торгівлю (*pd_trade*), і навпаки у протилежному випадку.

5) Якщо угода передбачає періодичне виконання певних дій, то визначаємо атрибути *PeriodType* (наприклад тиждень, місяць, квартал, рік), *Period_duration* (один раз на тиждень, чотири рази на рік) та плануємо *k* наборів документів, типи та правило послідовності яких визначені у попередніх пунктах:

$$k = (term / PeriodType) / Period_duration.$$

Переходимо на крок 1.

6) Кінець.

2.2. АНАЛІЗ МЕРЕЖІ ПЛАНІВ

Результатом аналізу є узагальнені плани для структурних одиниць підприємства, які містять інтервальні значення ресурсних характеристик (визначаються через норми) та інтервальні значення кількісних характеристик продукції чи послуг, які підприємство може виробити з урахуванням поточної ситуації до заданої дати. Мережа планів утворюється за допомогою відношення *dc_link* та процедури пошуку вглибину (для визначення рівня підпорядкування плану).

Вхідними параметрами для аналізу є часові та критичні атрибути. **Критичними** будемо називати атрибути, які безпосередньо впливають на результати аналізу та які характеризують структурні одиниці складу підприємства та його зв'язку з зовнішніми клієнтами: *підрозділ*, *угода*, *працівник*, *продукція*. Узагальнені плани утворюються шляхом агрегації кількісних характеристик плану із урахуванням значень критичних атрибутів.

Укрупнений алгоритм агрегації:

1) Агрегація ресурсних характеристик планів одного типу за критичними атрибутами.

2) Агрегація стосовно структурних одиниць верхнього рівня (підрозділи, які не підпорядковуються іншим підрозділам, виготовлення однієї номенклатури продукції на основі кількох угод тощо).

3) Визначення величин матеріальних запасів на рівні підприємства.

Однією з проблем задачі аналізу мережі планів є опрацювання неповних або неточних даних, над якими не можна застосовувати звичайні операції, визначені у СКРБД.

Для моделювання неповних або частково визначених даних, якими є ресурсні характеристики планів, використовуються теорія імовірностей, нечіткі множини, багатозначні логіки.

Найбільшого поширення набули методи моделювання неповної інформації за допомогою емпіричних оцінок, в першу чергу – за допомогою нечіткостей. Існують підходи, які зберігають однорідність бази даних. Найпростішим способом введення нечіткостей у базу даних є використання їх на рівні кортежів аналогічно імовірнісним розподілам. Це не вимагає суттєвого ускладнення механізмів обробки даних. Такий підхід можна використовувати і у випадках, коли невизначеність зустрічається тільки в запитах при використанні нечітких понять або нечітких відношень. Тоді дані зберігаються у звичайному вигляді, а окремі відношення визначають нечіткі поняття (наприклад, СТАРИЙ) або матрицю близькості між значеннями атрибутів (цей підхід розглядатиметься далі).

Найбільші можливості для подання неповноти даних мають бази даних, у яких невизначеність вводиться на рівні значень у відношеннях. Такий підхід дає можливість відображати у базах такі випадки неповноти даних:

- значення знаходиться в інтервалі або є одним з дискретної множини значень, у тому числі сюди відноситься невідоме значення;
- є неповна чи часткова інформація про значення, яка подається за допомогою розподілу емпіричних оцінок або нечіткого поняття.

У задачі аналізу використовуються значення ресурсних характеристик плану. Тому розглянемо методи опрацювання інтервальних величин:

- 1) Змінні подаються за допомогою точних інтервалів. Математичні операції здійснюються над значеннями меж, і тому існує імовірність виходу значення змінної з області значень (оптимістичні оцінки) або отримання занадто широкого інтервалу (песимістичні оцінки).
- 2) Використання неточних інтервалів та математичного апарату визначення верхніх та нижніх меж і ступенів довіри до отриманих значень. У результаті отримується 4-векторна змінна (верхня та нижня межі, довіри до значень обох меж [4]), причому 2 останні складові зростають пропорційно до кількості операцій, виконаних над цією змінною. Окремо слід розглянути варіанти опрацювання взаємодіючих та вільних змінних. У випадку взаємодіючих змінних відсутність зв'язку між ними приводить до накопичення неточності у кожній окремої змінної, причому зростання цієї неточності неможливо компенсувати (песимістичний розрахунок) [4]. При використанні оптимістичного розрахунку ступінь компенсації між різними джерелами неточності максимальний (невзаємодіючі змінні).
- 3) Стохастичні операції з ймовірнісним визначенням середнього значення.

Проте всі ці способи опрацювання інтервальних значень мають одну спільну рису: ступінь довіри до результату зменшується із збільшенням числа виконаних над змінними операцій. У випадку баз даних число операцій над змінними надзвичайно велике через велику кількість записів у таблицях.

Тому введемо означення операції $\ominus$ над інтервальними змінними з чіткими межами, яка виконується згідно з алгоритмами, наведеними у [4] (операції над нечіткими інтервалами), але зберігає історію про свої аргументи:

$$\begin{aligned} \text{var}_1(u_1, v_1, \text{name}_1 + \text{id}_1) \ominus \text{var}_2(u_2, v_2, \text{name}_2 + \text{id}_2) = \\ = \text{var}_3(u_1 \ominus u_2, v_1 \ominus v_2, \text{name}_1 + \text{id}_1 + \text{name}_2 + \text{id}_2) \end{aligned} \quad (1)$$

де Θ – математичні операції (додавання, віднімання, множення, ділення та порівняння);

name – назва відношення;

id – код кортежу.

Результати записуються у тимчасову таблицю з атрибутами *початок_інтервалу*, *кінець_інтервалу*, *історія*. Особливістю операції (1) є збереження відомостей про її аргументи. У випадку повторного використання аргументів здійснюється селекція записів у тимчасовій таблиці за кодами та назвами таблиць, і отримується змінна з точними значеннями, тобто

$$\text{var}_3(u_3, v_3, \text{name}_3 + \text{id}_3) \Theta \text{var}_2(u_1, v_2, \text{name}_2 + \text{id}_2) = \text{var}_1(u_1, v_1, \text{name}_1 + \text{id}_1). \quad (2)$$

Застосування такої операції має і ряд недоліків. Одним з них можна назвати пряму залежність часу виконання від кількості різних операндів, що використовувалися у множині операцій над даними. Зростання часу пояснюється зростанням кількості записів у тимчасовій таблиці.

2.3 АНАЛІЗ ВИКОНАННЯ ПЛАНУ

Наступна задача аналізу – визначення ступеня виконання планів. Це задача кластеризації бази даних за нечіткими параметрами.

Можна говорити про два рівні зіставлення планів та документів:

- рівень шапки документа;
- рівень деталей документа.

Перший варіант передбачає агрегацію кількісних характеристик деталей документа і плану відносно даних шапки (тобто підрозділ, дата) та їх порівняння. Найвищий рівень агрегації (тобто агрегація на рівні рядка деталей) дозволить реалізувати другий варіант зіставлення плану та документа. Чим вищим є рівень агрегації, тим точнішими будуть результати зіставлення.

Нехай Pl – множина усіх планів, Dc – множина усіх документів; P – множина атрибутів плану, D – множина атрибутів документів $(P \in D) \vee (D \in P)$, E – множина параметрів, за якими відбираються потрібні для аналізу плани та документи. Остання множина складається з двох груп атрибутів

$$E = E_p \cup E_t, \quad (3)$$

де E_p – множина іменних атрибутів (код плану, код документа, код підрозділу тощо): $E_p \subset P$,

E_t – часові атрибути (інтервал та тип зіставлення за датами).

Необхідною умовою підтвердження факту породження документа на основі плану є співпадіння типу документа, підрозділу та дати. У іншому випадку будемо вважати, що план не утворив жодного документа або, навпаки, документ не зв'язаний із жодним планом.

Слід окремо розглянути варіанти співпадіння по датах. Оскільки план може бути призначений для багаторазового виконання (наприклад, норми виробництва і затрат), або, навпаки, реалізувати лише один документ у вказаних часових межах, то зрозуміло, що слід по-різному аналізувати дати занесення, початку та завершення дії планів.

Є такі варіанти інтерпретації дат плану:

- якщо план виступає як норма, то дати, вказані у плані, не будуть аналізуватися;
- враховуються лише часові параметри плану, а дата документа до уваги не береться (важливим є лише факт виконання плану);
- усі дати плану та документа є важливими, і потрібно:
 - опрацьовувати лише ті плани, часовий інтервал яких чітко входить у задані у параметрах відбору межі,
 - враховувати перетин заданих меж та інтервалів дії плану.

Укрупнений алгоритм визначення рівня виконання плану можна подати так:

1. Отримання параметрів вибірки потрібних планів та документів

- a) часовий відрізок,
- b) код плану,
- c) код документа,
- d) підрозділ,
- e) підстава,
- f) продукція,
- g) угода,
- h) працівник,
- i) ступінь виконання (лінгвістичні змінні типу *документ без плану, нереалізований план, частково реалізований план, повністю реалізований план*)
- j) тип зіставлення по датах,
- k) атрибути – параметри для агрегації кількісних характеристик документів та планів (один план виконаний кількома документами, один документ є результатом виконання кількох планів, за працівником, за угодою, за продукцією).

2. Вибірка планів і документів, які задовольняють умови a) – h).

3. Пошук прямо зв'язаних планів та документів (через відношення dc_link).

4. Групування планів і документів за атрибутами, визначеними у k), та за умовою j).

5. Вибір тих планів та документів, у яких агреговані кількісні характеристики задовольняють умову i) ($\text{сума_плану} = 0$, $\text{сума_документа} = 0$, $\text{сума_плану} < \text{сума_документа}$, $\text{сума_плану} - \text{сума_документа} = 0$)

Ступінь виконання плану можна розглядати у різних розрізах. Мова йде про узагальнення інформації, яка міститься у плані, та інформації, яка міститься у породженому ним документі для потреб різних підрозділів, працівників тощо. Чим вищим буде рівень узагальнення інформації, тим нижчим буде ступінь довіри до отриманих результатів зіставлення. При встановленні істинності виконання плану слід враховувати критичні атрибути.

Для різних типів документів ступінь важливості цих параметрів буде різним. Тому істинність результатів аналізу плану s можна визначати у розрізі k -значної логіки, де $k \geq 3$. Операції над багатозначними величинами, які застосовуються при аналізі баз даних та знань, описані у роботах Кодда.

Ступінь істинності виконання плану згідно із заданими параметрами буде визначатись як

$$s = \sum_{i=1}^n a_i + a_i, \quad (4)$$

де n – кількість нечасових параметрів зіставлення;

a_i – значення нечасового i -го параметра зіставлення, яке набуває значення

$$a_i = \begin{cases} 0, & \text{параметр не відмічений;} \\ 1, & \text{параметр відмічений} \end{cases};$$

a_i – значення часового параметра, яке визначається як

$$a_i = \begin{cases} 0, & \text{ігнорувати дати} \\ 1, & \text{не враховувати інтервали} \\ 2, & \text{перетин інтервалів} \\ 3, & \text{повне співпадіння інтервалів} \end{cases}$$

Слід зазначити, що кількість параметрів зіставлення n буде різною для кожного типу документа. Вибір того чи іншого параметра фізично означатиме, що при зіставленні плану та документа за обраним атрибутом буде виконуватись операція агрегації для визначення сум згідно з планом та документом. Чим більше параметрів буде включено до агрегування, тим точнішим буде отриманий результат зіставлення. Вибір усіх параметрів означає максимальний ступінь довіри до отриманих результатів зіставлення.

Можуть бути отримані такі результати зіставлення v :

- План не має породженого документа, $v=0$;
- Документ не зв'язаний з жодним планом, $v=1$;
- Часткове виконання плану (при агрегації даних плану та документа отримано кількісні характеристики, які не рівні між собою), $v=2$;
- Повне виконання плану, $v=3$;
- Співпадіння по критичних атрибутах у непов'язаних планах та документах, $v=3$.

У реляційних базах даних операцію визначення рівня виконання плану можна подати за допомогою оператора лінгвістичної вибірки:

$$\sigma_{A \Theta U(r), B}^{unk} = \{t \in r \mid ([t(A) \geq u1] \wedge [t(A) \leq u2]) \cup s\}, \quad (5)$$

де r – традиційне реляційне відношення зі схемою R , A – атрибут (множина критичних атрибутів) в R , по якому проходить нечітка вибірка; unk – відношення, яке містить значення лінгвістичних змінних, $unk(lingvistic_variable, infimum, supremum)$ з атрибутами, які позначають назву лінгвістичної змінної та її нижнє та верхнє значення (одна з меж може бути відсутня); $A \Theta U$ – вираз, результатом якого є порівняння за обраним правилом значення a атрибута A із значеннями $[u1, u2]$ лінгвістичної змінної U ; B – послідовність атрибутів, значення яких обов'язково повинні відповідати параметрам вибірки ($B \subset A$);

σ – нечіткий оператор вибірки; s – ступінь істинності значень критичних атрибутів відношення, який визначається у результаті застосування σ .

Оператор σ , як і аналогічний у традиційній реляційній алгебрі оператор вибірки σ має властивість дистрибутивності відносно бінарних булевих операцій, але втрачає

властивість комутативності, оскільки з різних послідовностей B отримуються різні результати аналізу.

Довіра до отримано результату порівняння буде визначатися з (4) (значення v істинне із ступенем s) і у базі даних подаватиметься атрибутом, значення якого характеризують відповідність значень критичних атрибутів до заданих параметрів зіставлення. Значення цього атрибута прямо пропорційно залежить від

- кількості критичних атрибутів (чим більше використовувати атрибутів для аналізу, тим точнішим буде отриманий результат);
- способу задавання параметрів зіставлення;
- правила порівняння нечітких величин.

Застосування оператора лінгвістичної вибірки дозволить:

- здійснити кластеризацію бази даних на окремі задачі для визначення істинності результату аналізу фрагмента БД стосовно результатів аналізу усієї бази даних
- проаналізувати, наскільки повними є дані, і наскільки точно вдасться довизначити невизначені значення (наприклад, якщо у планах невідомо, який підрозділ виконував замовлення, а значення решти критичних атрибутів у замовленні збігаються із значеннями критичних атрибутів у реалізованому документі по підрозділу *dept1*, то можна вважати, що і замовлення виконувалося на підрозділі *dept1*).

Висновки

Невизначеності у базах даних виникають:

- через незнання минулого або через непередбачуваність у майбутньому;
- через нечітке подання чітких характеристик.

Тому сфера планування є досить ілюстративною предметною областю для моделювання нечіткостей. Основні задачі, які виникають у базах даних при обробці нечіткостей – кластеризація на відповідність до заданих умов та обробка інтервальних значень. У статті описано основні проблеми, які виникають при вирішенні цих задач, та запропоновані наближені алгоритми.

Задачі вимагають подальшого вивчення.

1. *Epicor Sets New Industry Benchmark for Real-World ERP Deployments with New "Up-Front" Guarantee Program* – IRVINE. – Calif. – 1999. <http://www.epicor.com.ru/company/news/press.asp>.
2. Андон Ф.И., Яшунин А.Е., Резниченко В.А. Логические модели интеллектуальных информационных систем. – Киев. –1999. – С. 54-289.
3. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. Москва, "Финансы и статистика" - 2000, с. 151 – 171.
4. Дюбуа А., Прад А. Теория вероятностей. Приложение к представлению знаний в информатике. Москва, "Радио и связь" - 1990, с. 57 – 63.
5. Пелешишин О.П. Особливості компоненти підтримки прийняття рішень комплексної інформаційної системи. – Вісник НУЛП № 406. – 2001. – Ст. 211 – 216.
6. Производственное планирование: особенности внедрения западных методов. – «Директору информационной службы». – #10/2000. <http://www.osp.ru/cw/cio/2000/10/023.htm>.
7. Крылов А. ERP-системы позволяют планировать в рыночных условиях. – "БОСС". – #5, 2000.
8. Классификация компьютерных систем управления предприятием. – Интегрированные системы управления предприятием. – 20.07.00.
9. Шаховська Н.Б. Опрацювання нечіткостей на різних етапах формування замовлення. – Вісник НУ "Львівська політехніка" № 438. – С. 145 – 151.