

Валерій Олександрович Крайнов (кандидат технічних наук, доцент)

Олександр Васильович Лаврінчук (кандидат технічних наук, с.н.с.)

Роман Іванович Грозівський (кандидат військових наук)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИБОРУ ЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ БАЗИ ДАНИХ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОРГАНУ ВІЙСЬКОВОГО УПРАВЛІННЯ

Наявні вимоги до якості прийняття рішень у різних сферах військового управління призвели до необхідності розроблення та використання спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволило б здійснювати накопичення, зберігання та аналіз доступних об'ємів інформації, які забезпечують вирішення завдань, що стоять перед органом військового управління. Однак, сучасні автоматизовані інформаційні системи органу військового управління, що орієнтовані на конкретні програми, не відповідають вимогам офіцерів-користувачів, оскільки процес оброблення масивів даних ними є недосконалим. Ці обставини обумовили необхідність розроблення такої бази даних, застосування якої має сприяти їх інтенсивному використанню. Створення баз даних та управління ними здійснюються на основі обраної логічної моделі даних, яка виступає невід'ємним елементом створення та реалізації сучасних баз даних та систем управління ними. Під логічною моделлю даних розуміється модель, що відображає логічні взаємозв'язки між різними елементами даних без їх фізичної організації та змісту. У цьому логічна модель розробляється під конкретну реалізацію системи управління базами даних і, навіть, враховуючи специфіку конкретної предметної області з урахуванням її концептуальної моделі. Можливості системи управління базами даних значною мірою обумовлені вибором моделі представлення даних, формування яких одна із найважливіших напрямів досліджень у галузі проектування баз даних. Можна стверджувати, що поява баз даних стала одним із найважливіших досягнень у галузі програмного забезпечення. У статті розглянуто основні підходи до вибору логічної структури баз даних для автоматизованої інформаційної системи органу військового управління, особливість яких базується на розробленні єдиного інтегрованого підходу до проектування, який на етапі логічного проектування не буде залежати від специфіки конкретної системи управління базою даних і в той же час буде формально охоплювати весь цикл проектування.

Ключові слова: база даних; автоматизована інформаційна система; система управління; орган військового управління.

Вступ

Розвиток обчислювальної техніки і поява ємних зовнішніх пристроїв прямого доступу, що запам'ятовують, зумовили інтенсивний розвиток автоматичних і автоматизованих систем різного призначення і масштабу. Насамперед, такий прогрес помітний в роботі органів військового управління. Такі системи працюють з великими обсягами інформації, яка зазвичай має досить складну структуру, потребує оперативності в обробці, часто оновлюється і водночас потребує тривалого зберігання. Прикладами таких систем є автоматизовані інформаційні системи органу військового управління (далі – АІС ОВУ). Це призвело до появи нової інформаційної технології інтегрованого зберігання та обробки даних – концепції баз даних, в основі якої лежить механізм

надання обробній програмі з усіх даних, що зберігаються, тільки тих, які їй необхідні, і у формі, що необхідна саме цій програмі. Водночас сама форма (структура даних, і формати полів, що входять до цієї структури) описується на логічному, тобто, «видимому» з програми, рівні. До того ж, оскільки різні програми можуть по-різному «бачити» (а, отже, і використовувати) одні й ті самі дані, то система має зробити невидимими («прозорими») для програми всі дані, крім тих, які для неї є «своїми» [1–5].

Якість і терміни створення баз даних (далі – БД) багато в чому визначаються методами і засобами, що застосовуються для проектування, характеристиками, що істотно залежать від прийнятої архітектури інформаційної системи, а також засобами моделювання предметної області та умовами функціонування АІС ОВУ [6–11].

Побудована логічна модель даних є джерелом інформації для етапу фізичного проектування та забезпечує розробника фізичної бази даних засобами знаходження необхідних, для досягнення поставленої мети, компромісів, що є дуже важливим для ефективного проектування. Логічна модель даних також відіграє важливу роль на етапі експлуатації та супроводу вже готової системи. За правильно організованого супроводу, підтримувана в актуальному стані модель даних дозволяє точно і наочно уявити будь-які зміни, що вносяться до бази даних, а також оцінити їх вплив на прикладні програми і використання даних, що вже є в базі.

Постановка проблеми. Логічна схема є результатом об'єднання локальних уявлень користувачів і являє собою інтегральне, несуперечливе, незалежне від системи управління базами даних (далі – СУБД) визначення даних, що підлягають зберіганню у БД з метою використання для всього комплексу оперативно-тактичних завдань. Характерною особливістю баз даних є сталість, а саме:

дані постійно накопичуються та використовуються;

склад і структура даних, необхідних для вирішення певних прикладних завдань, зазвичай, є постійними та стабільними за часом;

окремі або навіть усі елементи даних можуть змінюватися (прояв сталості) – постійна актуальність.

Безпосереднє об'єднання локальних уявлень може призвести до виникнення суперечливості й надмірності в зв'язках між атрибутами. Виявлення та усунення суперечливих і надлишкових зв'язків є однією з основних задач вибору логічної структури БД у її проектуванні. Тому вся сукупність вихідних зв'язків повинна бути проаналізована з метою подолання суперечливості і надмірності завдяки видаленню деяких зв'язків і заміни одних зв'язків іншими. Водночас має бути забезпечена незалежність від кожного конкретного додатку (запиту), яка може бути досягнута в разі, якщо логічна схема буде відображати лише найсуттєвіші зв'язки, з яких виводяться всі інші. Тобто, концептуальна схема повинна містити мінімальну кількість зв'язків, що одночасно забезпечують інформаційні потреби кожної посадової особи ОВУ.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи проектування баз даних у своїх працях розглядали В. Карпуша, Б. Панченко, С. Діго, С. Здонік, Г. Гайна, Д. Майер, Т. Конноллі, К. Бегг, У. Вольфенгаген, Л. Кузін, В. Саркісян [1]. Проблеми проектування баз даних досліджували Є. Зіндер, Л. Калініченко, Дж. Мартін, В. Меллінг, Д. Цикриітзіс, Ф. Лоховські. Проблема проектування й опрацювання баз даних присвячені роботи Г. Цибко, Т. Щепакіної, М. Ареф'євої,

А. Змитровича, Є. Морозова, Г. Ревункова, Ю. Рамського, Н. Сазонової, О. Ткачева, В. Фреймана. Формування проєктувальних умінь майбутніх інженерів-педагогів досліджували В. Кошелева, В. Беспалько.

Виклад основного матеріалу дослідження

Як показано в дослідженнях щодо функціонування БД [1–5], на етапі логічного проектування БД здійснюється відображення отриманої концептуальної схеми на модель даних СУБД. У розглянутому випадку (формально) ця процедура втратила власні особливості, оскільки на етапах концептуального і логічного проектування використовується одна і та ж реляційна модель даних. Однак, звернемо увагу на те, що ставлення у третій нормальній формі забезпечують необхідні функціональні можливості за поданням даних, але не в повній мірі враховують часові параметри їх обробки за реалізації запитів користувачів. З огляду на той факт, що створювана база даних є елементом системи військового призначення, для якої ці параметри відіграють істотну роль, вважається доцільним розумно відійти від оптимального ненадмірного покриття, отриманого в результаті концептуального проектування з метою досягнення компромісу, пов'язаного з підвищенням оперативності АІС ОВУ.

Вирішення цієї проблеми залежить від використання тимчасових характеристик, які визначаються не тільки параметрами БД, але і особливостями програмного і технічного забезпечення, які виділяються ресурсами, розмірами і числом буферів СУБД і т.п., тобто факторами, конкретні дані про які на етапі логічного проектування, як правило, не відомі. Тому, під час синтезу логічної структури БД, розробники зазвичай вводять деякі припущення, до числа яких можна віднести [4–7]:

розглядається обробка незалежних за часом запитів;

відносною оцінкою часу обробки запиту є сумарна кількість логічних записів (далі – кортежів), які обираються строком на шляху доступу до цільового запису даного запиту;

зміною середнього часу доступу до кортежів різних файлів (типів відносин) можна знехтувати, оскільки домінуючу роль відіграє час обміну із зовнішньою пам'яттю.

В результаті зазначеного визначення середнього часу, виконання запитів посадових осіб ОВУ в процесі оперативно-тактичних розрахунків може бути обчислено таким виразом:

$$T_{cp} = \tau_{cp} \sum_{i=1}^N f_i \sum_{k=1}^s \sum_{l=1}^m n_{ikl} X_{kl} \quad (1)$$

де τ_{cp} – середній час вибірки кортежу з БД;

f_i – кількість запитів i -го типу, які необхідно обслужити в процесі оперативно-тактичних розрахунків;

n_{ikl} – середня кількість кортежів, вибірка яких здійснюється в процесі виконання i -го запиту з k -го файлу при його реалізації l -им способом;

$$X_{kl} \begin{cases} 1 & \text{– при } k\text{-тій відносині обраний } l\text{-тий} \\ & \text{варіант реалізації;} \\ 0 & \text{– в іншому варіанті.} \end{cases}$$

Мінімізація значення T_{cp} під час зроблених припущень зводиться до мінімізації середнього (через безліч запитів) числа вибірок кортежів, необхідних для реалізації запитів. З цією метою для кожного запиту моделюється процес його навігації в логічній структурі за різних варіантів організації відносин (далі – файлів) бази даних. Для моделювання та визначення значень n_{ikl} можуть бути використані запропоновані в роботах [5; 7] алгоритми декомпозиції та імітації процесів навігації запитів у базах даних. Таким чином можна уникнути необхідності залучати для оцінювання варіантів логічних структур бази даних детальні характеристики зв'язку часових параметрів з параметрами фізичної організації даних під час використання конкретної СУБД.

У випадках, коли на етапі логічного проектування відомо значення обсягу пам'яті, що виділяється в АІС ОВУ для розміщення бази даних, можуть бути використані наступні варіанти перетворення концептуальної схеми під час використання в складі АІС ОВУ сучасних СУБД для персональних електронних обчислювальних машин (далі – ПЕОМ) [3; 11]:

виділення в окремі файли кортежів, ідентифікованих атрибутами, як пошукові ознаки; застосування засобів вторинного індексування цих атрибутів.

Обидва варіанти організації даних, забезпечуючи прискорення доступу до певних (найчастіше використовуваних) кортежів, створюють додаткові системні витрати: збільшують пам'ять, інтенсифікують завантаження буферів СУБД і т.п. Це може призвести до такого неконтрольованого збільшення τ_{cp} (яке в натуральному виразі (1) покладається константою), що ефект прискорення доступу до даних, який досягається за рахунок різних варіантів організації відносин (файлів) в базі даних, може бути скомпенсованим збільшенням τ_{cp} . Через це завдання з мінімізації τ_{cp} необхідно вирішувати за умови обмеження використання зовнішньої пам'яті, яка вимагається для розміщення БД. Це обмеження є узагальненим відображенням основних чинників, здатних зробити істотний негативний вплив на τ_{cp} , і може бути задано нерівністю:

$$\sum_{k=1}^S P_k V_{kl} X_{kl} \leq V_{\text{доп}}$$

де P_k – середня кількість кортежів в k -му відношенні (фото) бази даних;

V_{kl} – середній розмір кортежу (в байтах) в k -му відношенні (фото) при l -му варіанті його реалізації.

Для визначення значень параметрів, що входять до цього обмеження, використовуються об'ємні характеристики даних, що містяться в концептуальну схему, а також системні характеристики внутрішнього представлення даних, що підтримується СУБД на ПЕОМ.

Інформації про типи і кількість запитів, які повинні бути обслужені АІС ОВУ в процесі оперативно-тактичних розрахунків, також береться з результатів концептуального проектування. Такі цифри задаються з аналізу даних навчань, штабних ігор і тренувань, а також досвіду офіцерів ОВУ [6; 10].

Обчислювальні проблеми розв'язання задачі мінімізації функцій (1) пов'язані з розрахунком значень T_{cp} для різних сполучень варіантів організації відносин, специфіковані в концептуальну схему. Якщо побудувати схему розрахунку таким чином, щоб з кожним варіантом логічної організації k -тих відносин зіставлялася частка T_{cp} , яку вносить пов'язаними з цим ставленням запитом (за визначення цієї частки має враховуватися вибірка кортежів не тільки даного файлу, але і всіх інших, заданих в запиті), то можна говорити про те, що функція (1) має властивість адитивності відносно своїх компонентів. Так, в процесі виконання запиту, обробка кортежів відносин, пов'язаних з умовами запиту, не залежить від організації відносин, з якими запит не пов'язаний. Це очевидно в разі, коли атрибути індексуються, і часто виконуються тоді, коли пошукові атрибути виділяються в окремий файл [6].

З урахуванням наведених міркувань, для формалізації і розв'язання задачі вибору оптимального варіанту логічної структури бази даних АІС ОВУ, може бути запропонований наступний підхід. Припустимо, в процесі організації роботи АІС ОВУ може обслужити N різних типів запитів посадових осіб ОВУ, причому відома кількість запитів i -го типу f_i , які повинні виконуватися в процесі ОТР, $i \in \{1, \dots, N\}$. Під час обслуговування запитів з бази даних вибираються кортежі (записи), які зберігаються в S незалежних один від одного відносинах (файлах). Кожне k -те відношення, $k \in \{1, \dots, S\}$, може бути реалізовано в M варіантах, і для k -того варіанта організації відносин відомі обсяги займаної зовнішньої пам'яті V_{kl} і середня кількість кортежів, вибірку яких необхідно провести з k -тої відносини при виконанні i -го запиту, $l \in \{1, \dots, M\}$.

Нехай, $X[x_{ki}]SM$ – рішення задачі, де:

$$X_{kl} \begin{cases} 1 & \text{– при } k\text{-тій відносині обраний перший} \\ & \text{варіант реалізації } l; \\ 0 & \text{– в іншому варіанті.} \end{cases}$$

Тоді для визначення оптимального, за запропонованим в [11] цільовим показником, варіанту логічної структури бази даних АІС ОВУ необхідне рішення наступного завдання: знайти $X[x_{ki}]$, за якого функція (1) досягає мінімуму, і виконуються обмеження:

$$\sum_{k=1}^S P_k V_{kl} X_{kl} \leq V_{\text{доп}}; \quad (2)$$

$$\sum_{l=1}^M x_{kl} = 1, \quad k = \overline{1, S}; \quad (3)$$

$$x_{kl} \in \{0, 1\}; \quad k = \overline{1, S}; \quad i = \overline{1, N}; \quad l = 1. \quad (4)$$

Нерівність (1) забезпечує виконання вимоги по витраті зовнішньої пам'яті для варіантів логічної структури бази даних, а умова (2) означає можливість вибору тільки одного варіанту організації файлу в базі даних.

Завдання (1) – (4) відноситься до класу задач цілочисельного лінійного програмування. Через те, що параметри N , S і M , зазвичай, не беруть великих значень, для його вирішення можуть бути використані ефективні алгоритми, що реалізують метод гілок і меж [2; 10]

Висновки й перспективи подальших досліджень

Зауважимо, що ставлення як модель об'єкта, в

загальному випадку, не є загальним. Так, в предметній області артилерії існують об'єкти, властивості яких характеризуються векторами значень. Наприклад, щодо об'єкта «З'єднання ракетних військ і артилерії» атрибуту «Умови зберігання боєприпасів» відповідає не один, а кілька значень кортежів («в сховищі», «на відкритому майданчику», «на рухомих засобах» і т.п.). Природним способом придушення надмірності за подання об'єктів такого роду є виокремлення кожної характеристики (разом з атрибутом об'єкта) окремим ставленням. З'єднання таких відносин по атрибуту-ідентифікатору об'єкта не призводить до спотворення інформації в БД: в силу незалежності характеристик усі комбінації значень характеристик, які при цьому утворюються,

З точки зору теоретичних результатів, отриманих в області проєктування реляційних баз даних, найбільш повне і ефективно придушення надмірності пов'язано з приведенням відносин на основі обробки багатозначних залежностей існуючих між атрибутами в предметній області, що підлягає аналізу. Для цієї мети сформульовані аксіоми (правила виводу) для багатозначних залежностей і базуються на них алгоритми обробки такого роду залежностей [1]. Проте для реалізації проєкту розробки персональних електронних обчислювальних машин п'ятого покоління [4; 5] ці результати мають, переважно, теоретичне значення.

Література

1. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-те вид. Вильямс, 2017. 1440 с. 2. Шаров С. В., Осадчий В. В. Базы даних та інформаційні системи: навч. посіб. Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. 352 с. 3. Дейт К. Дж. Введення в системи баз даних: підручник. Вільямс, 2017. 328 с. 4. Берко А. Ю., Верес О. М., Пасічник В. В. Системи баз даних та знань: підручник. Львів: Магнолія-06, 2015. 440 с. 5. Берко А. Ю., Верес О. М., Пасічник В. В. Системи баз даних та знань. Системи управління базами даних та знань: навч. посіб. Львів: Магнолія-06, 2012. 584 с. 6. Павленко П. М. та ін. Інформаційні системи і технології: навч. посіб. Київ: НАУ, 2013. 324 с. 7. Шаров С. В., Осадчий В. В. Базы даних та

інформаційні системи: навч. посіб. Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. 352 с. 8. Микусь С. А. та ін. Інформаційні технології інформаційно-аналітичного забезпечення органів управління військами (силами): підручник. Київ: НУОУ, 2018. 352 с. 9. Микусь С. А. та ін. Організація інформаційно-аналітичного забезпечення органів управління військами (силами): підручник. Київ: НУОУ, 2019. 237 с. 10. Микусь С. А. та ін. Застосування сучасних інформаційних технологій у наковій діяльності: підручник. Київ: НУОУ, 2019. 237 с. 11. Крайнов В. О. Основні підходи щодо вибору показників якості при проєктуванні концептуальної бази даних для автоматизованої інформаційної системи органу військового управління. *Збірник наукових праць ВІКНУ ім. Тараса Шевченка*. 2021. № 75. С. 120–125.

MAIN APPROACHES TO THE CHOICE OF THE LOGICAL STRUCTURE OF THE DATABASE FOR THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM OF THE MILITARY GOVERNANCE AUTHORITY

Valerii Krainov (Candidate of technical sciences, associate professor)
Oleksandr Lavrinchuk (Candidate of technical sciences, senior research associate)
Roman Hrozovskyi (Candidate of military sciences)

National Defense University of Ukraine named after Ivan Chernyakhovskiy, Kyiv, Ukraine

The currently existing requirements for the quality of decision-making in various areas of military management led to the need to develop and use specialized software that would allow for the accumulation, storage and analysis of available volumes of information that provide solutions to the tasks facing the body military administration. However, the existing automated information systems of the military management body, which are focused on specific programs, do not meet the requirements of officer-users, since the process of processing data arrays by them is imperfect. These circumstances necessitated the development of a database, the use of which would facilitate their intensive use. The creation and management of databases is carried out on the basis of the selected logical data model, which acts as an integral element of the creation and implementation of modern databases and their management systems. A logical data model is a model that reflects logical relationships between various data elements without their physical organization and content. In this, a logical model is developed for a specific implementation of a database management system, and even taking into account the specifics of a specific subject area, taking into account its conceptual model. The capabilities of the database management system are largely determined by the choice of the data representation model, the formation of which is one of the most important areas of research in the field of database design. It can be argued that the advent of databases has become one of the most important advances in the field of software.

The article considers the main approaches to the selection of the logical structure of databases for the automated information system of the military management body, the peculiarity of which is based on the development of a single integrated approach to design, which at the stage of logical design will not depend on the specifics of a specific database management system and in the same time will formally cover the entire design cycle.

Key words: logical structure of the database, automated information system, database, database design, military administration.

References

1. **Konnolly, T., Behh, K.** (2017). Database. Design, implementation and support. Theory and practice. 3rd view. Viliams, 1440.
2. **Sharov, S. V., Osadchyi, V. V.** (2014). Databases and information systems: navch. posib. Melitopol: MDPU im. B. Khmelnytskyi, 352.
3. **Deit, K. Dzh.** (2017). Introduction to database systems: pidruchnyk. Viliams, 328.
4. **Berko, A. Yu., Veres, O. M., Pasichnyk, V. V.** (2015). Database and knowledge systems: pidruchnyk. Lviv: Mahnoliia-06, 440.
5. **Berko, A. Yu., Veres, O. M., Pasichnyk, V. V.** (2012). Database and knowledge management systems: navch. posib. Lviv : Mahnoliia-06, 584.
6. **Pavlenko, P. M. ta in.** (2013). Information systems and technologies: navch. posib. Kyiv: NAU, 324.
7. **Sharov, S. V., Osadchyi, V. V.** (2014). Databases and information systems: navch. posib. Melitopol: MDPU im. B. Khmelnytskyi, 352.
8. **Mykus, S. A. ta in.** (2018). Information technologies for information and analytical support of troops (forces) management bodies: pidruchnyk. Kyiv: NUOU, 352.
9. **Mykus, S. A. ta in.** (2019). Organization of information and analytical support for the management of troops (forces): pidruchnyk. Kyiv: NUOU, 237.
10. **Mykus, S. A. ta in.** (2019). The use of modern information technologies in business activities: pidruchnyk. Kyiv: NUOU, 237.
11. **Krainov, V. O.** (2021). The main approaches to the selection of quality indicators when designing a conceptual database for the automated information system of the military management body. Zbirnyk naukovykh prats VIKNU im. Tarasa Shevchenko, 75, 120–125.