

УДК 622.83

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.2-1/10>

**Чумаченко С.М.**

[orcid.org/0000-0002-8894-4262](https://orcid.org/0000-0002-8894-4262)

Національний університет харчових технологій

**Мошенський А.О.**

[orcid.org/0000-0002-4584-4958](https://orcid.org/0000-0002-4584-4958)

Національний університет харчових технологій

**Гуйда О.Г.**

[orcid.org/0000-0002-2019-2615](https://orcid.org/0000-0002-2019-2615)

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

**Мушка А.О.**

[orcid.org/0000-0002-5167-6583](https://orcid.org/0000-0002-5167-6583)

Національний університет харчових технологій

## РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВІАЦІЙНОГО ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ В УКРАЇНІ

*Система авіаційного пошуку і рятування є складною організаційно-технічною системою, що передбачає координовану взаємодію багатьох органів державного підпорядкування та структурних підрозділів самої Державної служби України з питань надзвичайних ситуацій та Міністерства внутрішніх справ. Тому для більш ґрунтовного аналізу та успішної реалізації пропозицій щодо підвищення ефективності функціонування системи авіаційного пошуку і рятування ця система як об'єкт дослідження повинна бути насамперед адекватно описана, повинні бути побудовані повні і несуперечливі її моделі – структурно-функціональна та імітаційна. Для цього в роботі розроблено базу даних авіаційних інцидентів, інформаційно-логічну модель та створено імітаційну модель.*

*Розроблена концептуальна та логічна модель бази даних про авіаційні інциденти дає змогу просто відстежувати смислові зв'язки між сутностями предметної області, а саме бази даних про авіаційні інциденти, полегає сам процес створення бази даних. Запропонована база даних дозволить вирішувати низку прикладних завдань, зокрема використовуватися для оцінки надійності тих чи інших повітряних засобів, планування оптимального розміщення пошуково-рятувальних повітряних суден Державної служби України з питань надзвичайних ситуацій на території України тощо.*

*Структурно-функціональна модель системи авіаційного пошуку і рятування розроблена в програмному середовищі ERwin Process Modeler, що, на відміну від існуючих, більш точно деталізує структуру системи та описує процес функціонування кожного елементу системи авіаційного пошуку і рятування в Україні. Запропонована модель може використовуватися для аналізу ефективності діяльності органів управління, застосування сил та засобів під час проведення пошуково-рятувальних робіт.*

*Завдяки розробленій імітаційній моделі системи авіаційного пошуку і рятування в програмному середовищі Arena Simulation можна імітувати процес функціонування органів управління в режимі реального часу з реальними характеристиками.*

**Ключові слова:** авіаційний пошук і рятування, системи авіаційного пошуку і рятування, авіаційний інцидент, інформаційно-логічна модель, імітаційна модель.

**Постановка проблеми.** Перш ніж проводити реорганізацію системи авіаційного пошуку і рятування (САПІР) або впроваджувати певні інформаційні системи (ІС) та технології, необхідно вивчити й описати існуючий стан, а потім запропонувати (спроєкувати) нову структурно-функціональну модель органів управління та імітаційну модель процесів функціонування, можливо,

з використанням сучасних ІС. Для оцінювання ефективності авіаційного пошуку і рятування пропонується застосувати системний підхід [1].

Головним підходом до дослідження таких складних об'єктів вважається структурно-системний аналіз (ССА) [2]. Зазвичай перед ССА ставиться завдання описати існуючий стан речей (об'єкт управління) – побудувати так звану модель

«як є» («AS-IS») і запропонувати нові рішення за структурою управління або технології виконання процесів функціонування – побудувати модель «як повинно бути» («TO-BE»). При цьому САПіР буде розглядатися як складна система, що функціонує на основі певної множини процесів взаємодії органів управління, сил та засобів авіаційного пошуку і рятування (АПіР). Завданням реорганізації є переведення системи в деякий цільовий стан, що характеризується, як правило, цільовою функцією, що забезпечує якісно більш високий рівень організації роботи за рахунок [3]:

- підвищення ефективності процесів функціонування АПіР;
- рекомендацій щодо удосконалення організаційної структури системи управління, спрямованої на підтримку виконання процесів АПіР;
- створення інформаційної системи підтримки прийняття рішень щодо забезпечення виконання процесів АПіР.

Удосконалення технології роботи САПіР зводиться до всебічного аналізу функцій управління на предмет [3]:

- необхідності та достатності функцій управління;
- виключення їх дублювання і паралелізму;
- визначення вузьких місць і проблемних питань перерозподілу функцій управління;
- повноти уявлення і раціонального розподілу за рівнями функцій планування, контролінгу та ін.;
- визначення витрат ресурсів та часу на виконання конкретних функцій;
- аналізу функцій з погляду трудомісткості і складності.

Вирішення цих питань є основоположним під час розроблення шляхів підвищення ефективності функціонування САПіР. На них базуються вдосконалення організаційної структури органів управління, удосконалення інформаційних потоків та документообігу, підготовка вихідних даних для автоматизації.

У ССА розглядаються функціональні, інформаційні та динамічні моделі, а також моделі функціонально-вартісного аналізу (АВС-моделі). Розглянемо основні ідеї і принципи їх побудови та застосування до опису функціонування САПіР.

**Метою статті** є створення структурно-функціональної моделі системи авіаційного пошуку та рятування в Україні, яка передбачає розроблення не тільки моделі самої системи, а цілого комплексу суміжних моделей, що включає логіко-інформаційну модель авіаційного інциденту, структурну

модель бази даних про авіаційні інциденти, функціональну модель САПіР із застосуванням методологій IDEF0 та IDEF3, імітаційну модель САПіР із застосуванням комп'ютерного середовища Arena Simulation. Весь цей інструментарій буде основою для аналізу «слабких» місць САПіР, розроблення пропозицій щодо її реорганізації з метою підвищення ефективності функціонування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що для того, щоб описати роботу цієї складної системи, не втрачаючи точності і повноти, опис повинен бути доступний як фахівцю-аналітику, проектувальнику і програмісту, так і замовнику, кінцевому користувачеві системи. І в цьому полягає найбільша складність. Зокрема, системний аналітик стикається з проблемами, що взаємопов'язані (і це є однією з головних причин їх важковирішуваності) [5].

Із системного аналізу систем відомо, що під час дослідження системи використовується так звана стратифікація, за якої опис об'єкта проводиться пошарово, починаючи з першого шару (страти). У результаті утворюється деяка ієрархічна структура (наприклад, як на рис. 1).

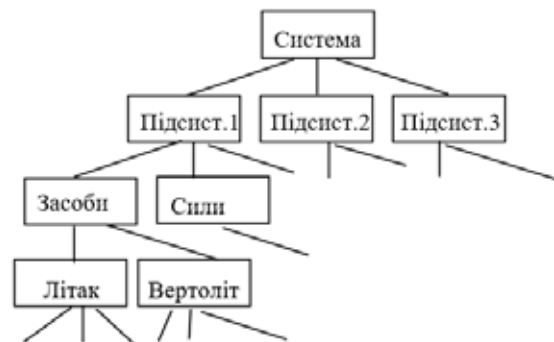


Рис. 1. Приклад ієрархічної структури системи

### Виклад основного матеріалу.

**Розроблення логіко-інформаційної моделі авіаційного інциденту.** З позиції логіко-математичної теорії систем процес ліквідації наслідків аварійної ситуації можна розглядати як строго закономірний ланцюг причинно-наслідкових подій. Причинно-наслідкові відносини і зв'язки завжди мають якісну і кількісну сторони, які знаходяться в діалектичній взаємозалежності. Математичний апарат системної логіки розглядає тільки двійкові змінні і функції, число операцій над ними зводиться до невеликого числа простих.

Ланцюг зміни станів системи «Людина – повітряне судно (ПС) – навколишнє середовище» (див. рис. 2) з урахуванням дії небезпечних і шкідливих чинників середовища є моделлю її розви-

тку в процесі авіаційного інциденту, пов'язаного з припиненням польоту ПС на траєкторії польоту і в районі аеродрому.

Стан системи може зазнавати низку послідовних змін, або етапів розвитку:

– **1-й етап (E1)** – політ. Стан  $C_0$  – політ ПС. Стан  $C_1$  – виникнення авіаційного інциденту. На цьому етапі органами обслуговування повітряного руху (ОПР) здійснюється оголошення стадії невизначеності: уточнення інформації у органів ОПР, Координаційного центру пошуку і рятування цивільної авіації (Збройних Сил України) (КЦПР ЦА (ЗСУ)) та ін.; визначення подальшої стадії аварійної ситуації.

– **2-й етап (E2)** – розвиток аварійної ситуації на ПС:  $C_2$  – ситуація, що характеризується втраченою стійкістю, керованістю ПС;  $C_3$  – аварійна ситуація, що вимагає негайного припинення польоту;  $C_6$  – благополучне завершення польоту. Також на цьому етапі органами ОПР здійснюється оголошення стадії тривоги, з можливим переходом у стадію лиха, залежно від розвитку ситуації; інформування про подію керівництва та органів управління, а також отримання інформації від органів ОПР про:

- тип, позивний, державний реєстраційний номер ПС;
- маршрут, істинний курс, висоту, швидкість польоту ПС;
- фактичний час відправлення і розрахунковий час прибуття;
- склад екіпажу і чисельність пасажирів;
- точка останнього радіолокаційного (РЛ) спостереження, радіозв'язку.

Також здійснюється визначення аеродромів, з яких необхідно залучення пошуково-рятувальних ПС. Чергові пошуково-рятувальні сили приводять в готовність № 1.

– **3-й етап (E3)** – наслідки припинення польоту ПС:  $C_p$  – руйнування ПС;  $C_4$  – перерваний зліт;  $C_5$  – аварійне гальмування;  $C_6$  – аварійна посадка (на сушу, воду). На цьому етапі органами ОПР оголошується стадія лиха, здійснюється: розрахунок зони пошуку ПС, що зазнало лиха; оцінка метеорологічних умов; постановка завдання екіпажу пошуково-рятувального повітряного судна (ПРПС); початок пошуку ПС, що зазнало лиха; інформування ТГУ(ТУ) ДСНС про:

- авіаційну подію і координати імовірного району пошуку;
- введення в дію плану реагування на надзвичайну ситуацію, пов'язану з авіаційною подією.
- **4 етап (E4)** – евакуація людей з аварійного ПС.  $C_7$  – введення в дію плану рятувальних робіт.
- **5 етап (E5)** – наслідки аварії ПС:  $C_8$  – загибель людей;  $C_9$  – травмування людей;  $C_{10}$  – збереження життя і здоров'я людей.

Силами ДСНС здійснюється евакуація постраждалих та надання їм допомоги.

Математично розвиток системи (див. рис. 2) можна представити системою рівнянь, що описує умови настання і збереження подій:

$$\left. \begin{aligned} Y_{C_6} &= (a_{6,0} \wedge a_{1,0}) \cdot Y_{C_0} \vee Y_{C_1} \cdot b_{6,1} \vee Y_{C_6} \cdot a_{6,6} \\ Y_{C_2} &= Y_{C_0} \cdot a_{1,0} \vee Y_{C_1} (b_{2,1} \wedge b_{1,0} \vee Y_{C_2} \cdot b_{2,1}) \vee Y_{C_2} \cdot a_{2,2} \\ Y_{C_3} &= Y_{C_0} \cdot a_{1,0} \vee Y_{C_1} \cdot b_{3,1} \vee Y_{C_2} \cdot b_{3,2} \vee Y_{C_3} \cdot a_{3,3} \\ Y_{C_4} &= Y_{C_0} \cdot a_{1,0} \vee Y_{C_1} \cdot b_{2,1} \vee Y_{C_3} \cdot b_{4,3} \vee Y_{C_4} \cdot a_{4,4} \\ Y_{C_5} &= Y_{C_3} \cdot b_{5,3} \vee Y_{C_5} \cdot a_{5,5} \\ Y_{C_6} &= Y_{C_3} \cdot b_{6,3} \vee Y_{C_6} \cdot a_{6,6} \\ Y_{C_7} &= (Y_{C_4} \cdot b_{7,4} \vee Y_{C_5} \cdot b_{7,5} \vee Y_{C_6} \cdot b_{7,6}) \vee Y_{C_7} \cdot a_{7,7} \\ Y_{C_8} &= Y_{C_2} \cdot P_{8,2} \vee Y_{C_7} \cdot P_{8,7} \vee Y_{C_9} \cdot P_{9,8} \vee Y_{C_8} \cdot a_{8,8} \\ Y_{C_9} &= Y_{C_7} \cdot b_{7,9} \vee Y_{C_9} \cdot a_{9,9} \\ Y_{C_{10}} &= Y_{C_6} \cdot d_{10,6} \vee Y_{C_7} \cdot b_{10,7} \vee Y_{C_9} \cdot b_{10,9} \vee Y_{C_{10}} \cdot a_{10,10} \end{aligned} \right\} (1.1)$$

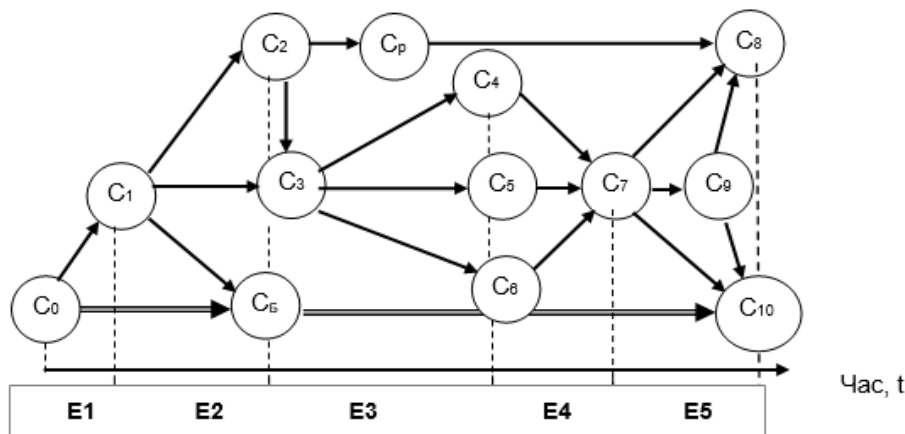


Рис. 2. Ланцюг зміни стану системи «Людина – ПС – середовище» в процесі виконання польоту

$$Y_{c_p} = a_{1,0} \cdot Y_{c_0} \vee Y_{c_1} \cdot b_{2,1} \vee Y_{c_p} \cdot a_{p,p}$$

де  $Y_{c_i}$  – бінарна функція, що описує  $i$ -тий стан;  
 $a_{ij}$ ,  $b_{ij}$ ,  $d_{ij}$ ,  $P_{ij}$  – бінарні функції, що описують настання  $i$ -го стану (наслідку) залежно від  $j$ -го стану (причини);  
 $a_{ii}$  – умова збереження  $i$ -го стану.

**Розроблення структурної бази даних про авіаційні інциденти.** Відповідно до методології SADT проектування інформаційних систем для розроблення архітектури бази даних доцільно провести попереднє дослідження об'єкта інформатизації, в даному випадку САПІР. Для забезпечення логіки проектування інформаційної системи з метою збереження смислової відповідності предметної області АПІР, подолання труднощів її моделювання за допомогою звичайних (дво-мірних) таблиць, доцільно створення бази даних розпочинати із семантичного (смислового) проектування [6]. Семантичне проектування дозволяє, з одного боку, побудувати схему даних без втрат смислового зв'язку із предметною сферою, а з іншого боку, побудована схема дозволяє легко перейти до схем, виражених на мові конкретної моделі даних і щодо конкретної СУБД. ER-моделювання є одним з можливих способів семантичного проектування баз даних.

Семантичне проектування дозволяє, з одного боку, побудувати схему даних без втрат смислового зв'язку з предметною областю, а з іншого боку, побудована схема дозволяє легко перейти до схем, виражених на мові конкретної моделі даних і щодо конкретної СУБД. ER-моделювання є одним із можливих способів семантичного проектування баз даних.

Розроблення ER-діаграм зазвичай виконуються таким чином. Спочатку наводять діаграму із зазначенням сутностей і зв'язків між ними, не конкретизуючи останні і не вказуючи атрибути сутностей. Така діаграма не зовсім коректна, але дозволяє охопити всю предметну область, що описується. Ця діаграма відповідає створенню загальної або концептуальної моделі бази даних.

Таким чином, використовуючи елементи діаграми Чена [7], було побудовано концептуальну модель бази даних авіаційних інцидентів (рис. 3), де одинарні прямокутники відображають сильні сутності, а подвійні – слабкі сутності. Розширену логічну модель із зазначенням всіх атрибутів та первинних ключів побудовано в середовищі MS Visio (рис. 4).

Зазначені вище концептуальні та логічні моделі дають змогу просто відстежувати смис-

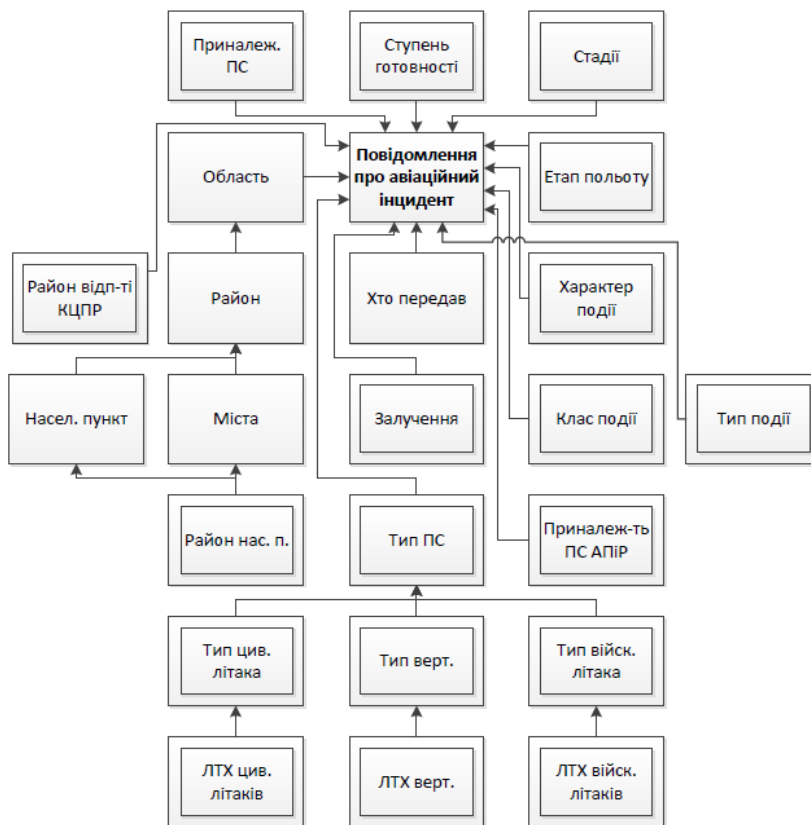


Рис. 3. Концептуальна модель бази даних авіаційних інцидентів

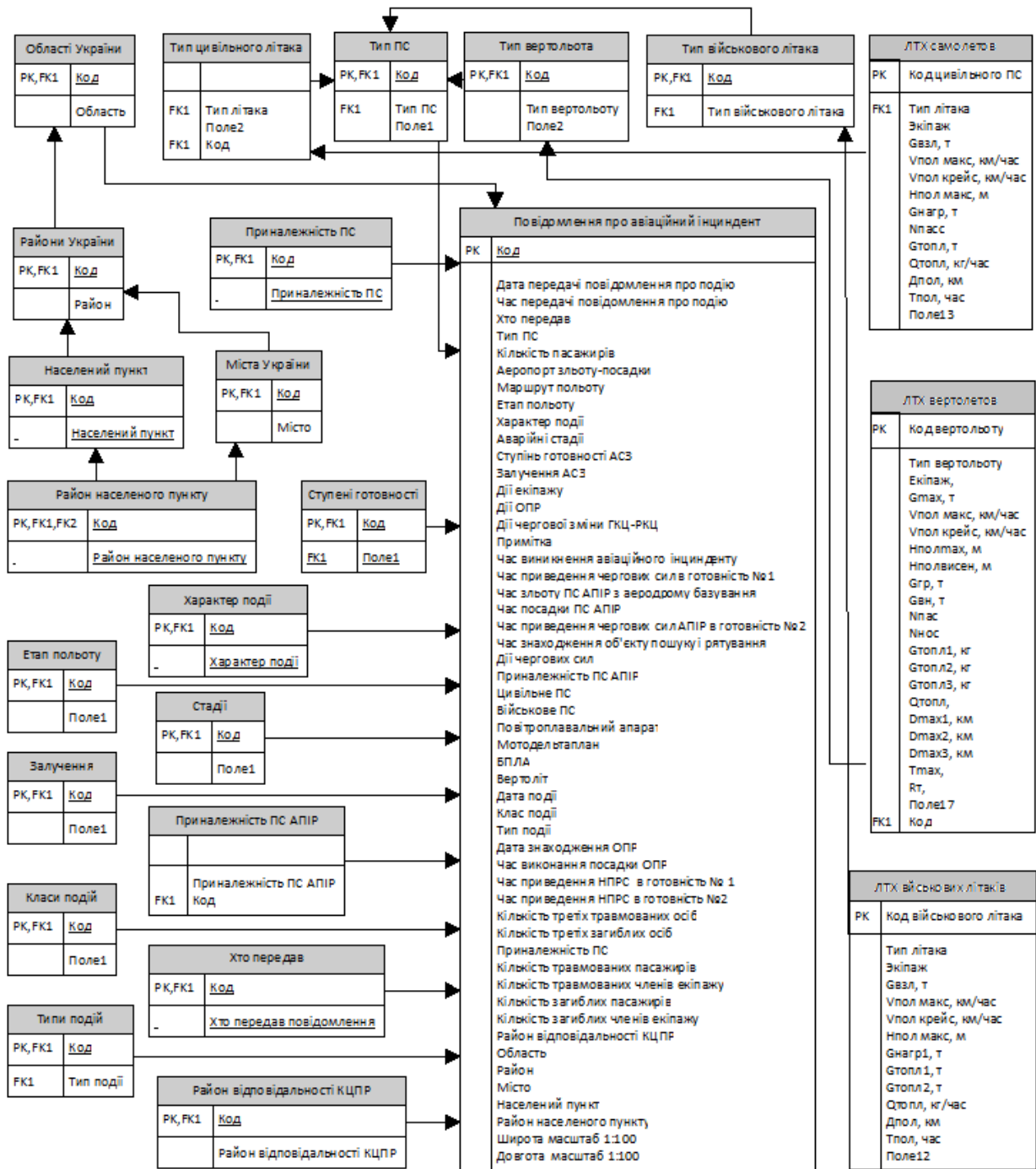


Рис. 4. Логічна модель бази даних про авіаційні інциденти, що побудована в середовищі MS Visio

лові зв'язки між сутностями предметної області, а саме бази даних про авіаційні інциденти, та полегшувати сам процес створення бази даних.

**Розроблення функціональної моделі САПІР із застосуванням методологій IDEF0 та IDEF3.** Завдання функціонального моделювання полягає у представленні системи у вигляді сукупності взаємопов'язаних функцій. Методологічним інструментом функціонального моделювання розглянемо методологію IDEF0, яка включає в себе

метод IDEF0, а також методи і процедури, що його підтримують.

У методі IDEF0 можна виділити такі складники, як концепція методу, графічна мова, процедура читання діаграми, метод побудови моделі, критерії оцінки якості й інші. В організаційну підтримку методу IDEF0 входять: процедура збору даних (інтерв'ювання), метод групової роботи, форми документування моделі, процедури узгодження й затвердження моделі.

Найбільш докладно методологія IDEF0 російською мовою викладається в книзі [8], а стандарт IDEF0 англійською мовою представлений в Internet [9].

Компоненти синтаксису IDEF0-діаграм – функціональні блоки (прямокутники) і дуги (стрілки), правила і діаграми. Функціональні блоки представляють функції, визначені як дії, процеси або перетворення. Дуги представляють дані або об'єкти, пов'язані з функціями. Правила визначають, як компоненти використовуються, а діаграми забезпечують формат для словесного або графічного зображення моделей.

Між даними/об'єктами і функціями можливі чотири відношення: вхід, управління, вихід і механізм. Кожне з цих відношень зображується дугою, пов'язаною з певною стороною блоку (рис. 5): ліва сторона призначена для вхідних дуг (входів), права – для вихідних (виходів), верхня сторона – для управлінських дуг і нижня – для дуг механізмів.

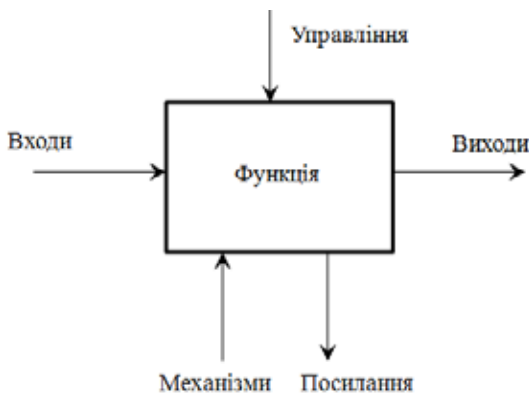


Рис. 5. Загальне зображення функціонального блоку

Розглянемо, контекстну діаграму, що описує процес функціонування системи авіаційного пошуку і рятування в Україні, створену в програмному пакеті ERwin Process Modeler (рис. 6). Вона складається з єдиного загального блоку «Авіаційний пошук і рятування», що відображує відповідну мету і точку зору всієї моделі. У якості вихідних даних (стрілка зліва) поступає інформація або повідомлення про авіаційний інцидент (в телефонному режимі від районного диспетчерського центру (РДЦ), через комп'ютерну мережу КОСПАС/САРСАТ або іншим шляхом). У якості механізму (стрілка знизу) застосовуються сили і засоби Системи авіаційного пошуку і рятування (особовий склад оперативних чергових головного координаційного центру (ГКЦ), Регіонального координаційного центру (РКЦ), РДЦ, рятувальники, повітряні пошуково-рятувальні засоби та ін.). Всі дії з авіаційного пошуку і рятування управляються (стрілка зверху) Правилами АПіР в Україні. В якості вихідних об'єктів (стрілка справа) маємо в найкращому випадку врятованих постраждалих, в найгіршому – тіла загиблих при авіаційному інциденті. Здійснимо декомпозицію цієї «батьківської» контекстної діаграми на дочірні, використовуючи вбудовані функції програми ERwin (рис. 7).

Використовуючи вбудовані інструменти програми ERwin Process Modeler, можна будувати різноманітні діаграми для більшої візуалізації та розуміння функціонування системи АПіР. Приклад деревоподібної діаграми системи АПіР наведено на рис. 8. Також у програмі є можливість розрахунку загального ресурсу на певну операцію. Вводячи кількісні показники (наприклад, часу)

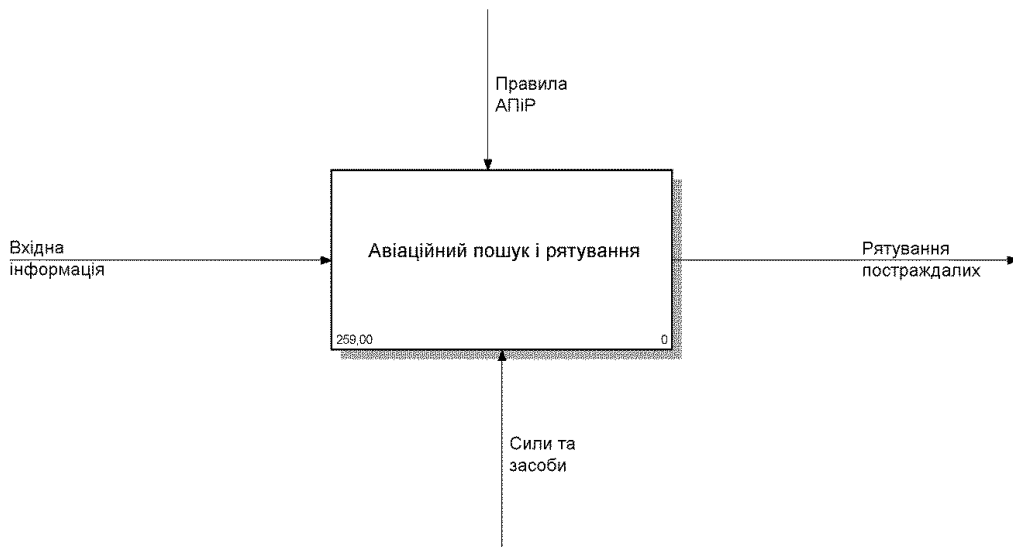


Рис. 6. Бланк контекстної діаграми системи АПіР в Україні (рівень А-0)

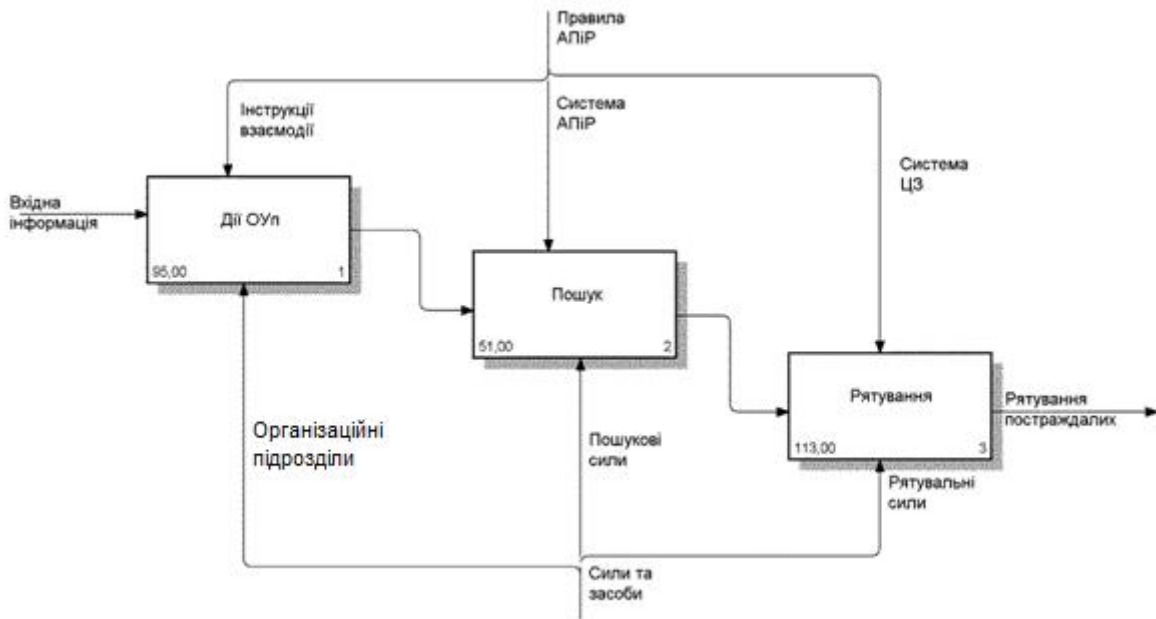


Рис. 7. Декомпозиція (A0) контекстної діаграми САПІР на три підфункції



Рис. 8. Деревоподібна діаграма Системи АПІР

в кожен функціональний блок (відображається в лівому верхньому або нижньому куті), можна отримати загальний витрачений ресурс (у лівому нижньому кутку «батьківського» блоку). Однак

просте підсумування не відображає реальне функціонування системи АПІР, тому наступним кроком роботи є імітаційне моделювання, що дозволить моделювати функціонування САПІР в режимі реального часу із реальними.

**Розроблення еталонної імітаційної моделі системи АПІР в комп'ютерному середовищі Arena Simulation.** Імітаційною моделлю називається спеціальний програмний комплекс, який дозволяє імітувати діяльність деякого складного об'єкта. Він запускає в комп'ютері паралельні взаємодіючі обчислювальні процеси, які є за своїми ресурсно-часовими параметрами (з точністю до масштабів часу і простору) аналогами досліджуваних процесів.

Під імітаційним моделюванням у системі Arena розуміють створення комп'ютерної моделі реальної або передбачуваної системи: фізичної, технологічної, фінансової та проведення на побудованій моделі експериментів з метою опису спостережуваних результатів і прогнозування майбутніх параметрів системи [10].

Імітаційне моделювання в Arena дає змогу перевіряти гіпотези про причини виникнення тих чи інших спостережуваних явищ. При цьому SIMAN дозволяє представляти процеси в різноманітних масштабах часу, виділяти змінні, найбільш важливі для успішного функціонування моделюваної системи, а також аналізувати наявні між ними зв'язки.

Моделювання, написана на SIMAN, включає дві складові частини: MODEL frame і EXPERIMENT frame.

The Model Frame: опис логіки роботи системи за допомогою спеціальних блоків (створення та видалення сутностей, обробки, затримки, маршрутизації).

The Experiment Frame: опис компонентів процесу за допомогою спеціальних елементів (сутностей, ресурсів, черг, атрибутів тощо).

Взаємодія зазначених складових частин у процесі компіляції показана на рис. 9.

Процес моделювання організований таким чином. Спочатку користувач крок за кроком будує у візуальному редакторі системи Arena модель. Потім система генерує по ній відповідний код на SIMAN. Після цього автоматично запускається Cinema Animation.

По завершенні моделювання програма генерує різноманітні звіти, структура даних яких може бути визначена користувачем.

Використовуючи візуальний редактор системи Arena, структурно-функціональна модель дії орга-

нів управління САПіР (рис. 8) була перероблена в імітаційну модель Arena (рис. 10).

Використовуючи вихідні дані та функціональні можливості програми Arena, було проведено імітаційне моделювання системи АПіР. Після закінчення процесу моделювання був отриманий звіт, який містить таку статистику.

Графіки та гістограми поточного відпрацювання заявок у деяких функціональних блоках показано на рис. 11. Середні, мінімальні та максимальні витрати часу на дії органів управління вказані на рис. 12. Вони відповідно становлять 27,3; 3,03; 97,7 хв. Тобто дії органів управління триватимуть у середньому півгодини.

**Висновки.** Система авіаційного пошуку і рятування є складною організаційно-технічною системою, що передбачає координовану взаємодію багатьох органів державного підпорядкування та структурних підрозділів самої Держаної служби України з надзвичайних ситуацій.

Розроблена концептуальна та логічна модель бази даних про авіаційні інциденти дає змогу просто відстежувати смислові зв'язки між сутностями предметної області, а саме бази даних про авіаційні інциденти, полегшувати сам процес створення бази даних. Запропонована база даних дозволить вирішувати низку прикладних завдань, зокрема використовуватися для оцінки надійності тих чи інших повітряних засобів, планування оптимального розміщення пошуково-рятувальних повітряних суден ДСНС на території України тощо.

Структурно-функціональна модель системи авіаційного пошуку і рятування, розроблена в програмному середовищі ERwin Process Modeler, що, на відміну від існуючих, більш точно деталізує структуру

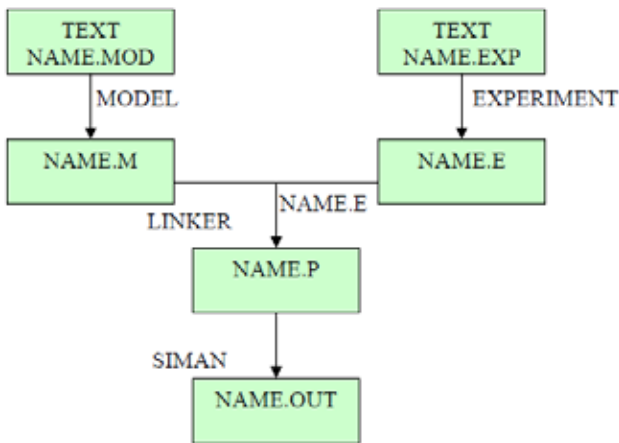


Рис. 9. Процедура виконання компіляції моделі

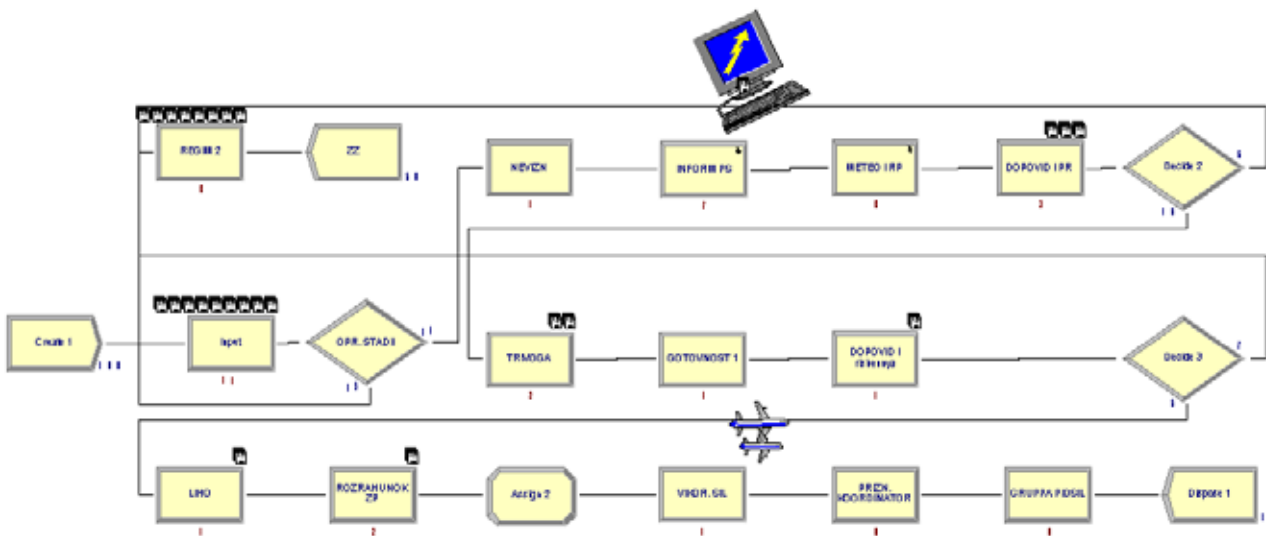


Рис. 10. Створення імітаційної моделі дій органів управління в середовищі Arena Simulation



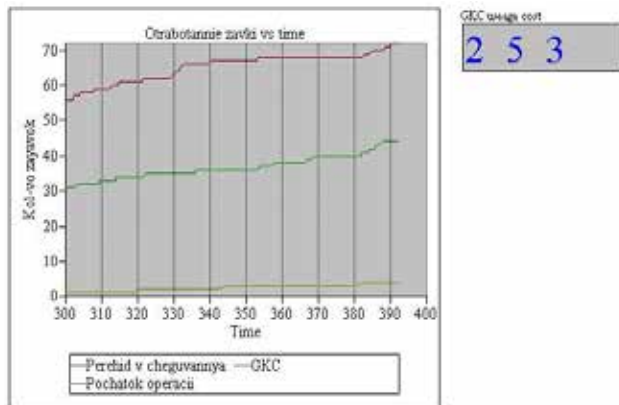


Рис. 11. Графіки поточного відпрацювання заявок у деяких функціональних блоках моделі

Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
VA Time	27.3950	(Insufficient)	3.0229	97.7373
NVA Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	188.00	(Insufficient)	0.00	421.55
Transfer Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	215.30	(Insufficient)	4.0769	512.55

Рис. 12. Загальні витрати часу на операцію дій органів управління

системи та описує процес функціонування кожного елементу системи авіаційного пошуку і рятування в Україні. Запропонована модель може використовуватися для аналізу ефективності діяльності органів управління, застосування сил та засобів під час проведення пошуково-рятувальних робіт.

Завдяки розробленій імітаційній моделі системи авіаційного пошуку і рятування в програмному середовищі Arena Simulation можна імітувати процес функціонування органів управління в режимі реального часу з реальними характеристиками.

#### Список літератури:

1. Чумаченко С.М., Лисянський В.О., Шабала В.І. Підходи до оцінки інтегральної ефективності системи авіаційного пошуку і рятування *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. Вип. 5. 2013. С. 138–143.
2. Качала В.В. Структурный системный анализ. Часть 1. Функциональное моделирование. Мурманск: МГТУ, 2000. 59 с.
3. Каменнова М. Структурный анализ и реорганизация деятельности предприятия. URL: <http://citforum.ru/ofis/ofis96/103.shtml>. (дата звернення: 24.03.2021)
4. Ивлев В. Попова Т., Огородничук Д. Использование CASE-средств для совершенствования деятельности предприятий *PCWEEK/RE*. 1997. 23 сентября. С. 53–54.
5. Калянов Г.Н. Консалтинг при автоматизации предприятий. М.: СИНТЕГ, 1997. 316 с.
6. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных // 7-е издание. М.: Вильямс, 2001. – 441 с.
7. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 528 с.
8. Марка Д.А., МакГоуэл К. М. Методология структурного анализа и проектирования SADT. – М.: Метатехнология, 1993. – 240 с.
9. Integration definition for function modeling (IDEF0) – [http://www.idef.com/Complete\\_Reports/idef0/IDEF0\\_TOC.html](http://www.idef.com/Complete_Reports/idef0/IDEF0_TOC.html).
10. Гусева Е.Н. Имитационное моделирование экономических процессов в среде Arena : учебно-методическое пособие / Е.Н. Гусева. 3-е изд., стер. М.: ФЛИНТА, 2016. 132 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83541> (дата звернення: 24.03.2021)

#### Chumachenko S.M., Moshenskyi A.O., Guida O.H., Mushka A.O. DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL-FUNCTIONAL MODEL OF THE AVIATION SEARCH AND RESCUE SYSTEM IN UKRAINE

*The aviation search and rescue system is a complex organizational and technical system that provides for coordinated interaction of many state subordination bodies and structural units of the State Emergency Service of Ukraine and the Ministry of Internal Affairs. Therefore, for a more thorough analysis and successful implementation of proposals to improve the efficiency of the air search and rescue system, this system, as the object of study, must be, above all, adequately described, must be built complete and consistent models – structural and functional and imitation. For this purpose, a database of aviation incidents, an information-logical model and a simulation model were developed.*

*The developed conceptual and logical model of the database on aviation incidents allows to simply trace the semantic connections between the entities of the subject area, namely the database on aviation incidents, to facilitate the process of creating a database. The proposed database will allow to solve a number of applied tasks, in particular to be used to assess the reliability of certain aircraft, to plan the optimal location of search and rescue aircraft of the State Emergency Service of Ukraine on the territory of Ukraine, etc.*

*Structural and functional model of the air search and rescue system, developed in the software environment ERwin Process Modeler, which in contrast to the existing more accurately details the structure of the system and describes the operation of each element of the air search and rescue system in Ukraine. The proposed model can be used to analyze the effectiveness of government agencies, the use of forces and means in conducting search and rescue operations.*

*Thanks to the developed simulation model of the aviation search and rescue system in the Arena Simulation software environment, it is possible to simulate the operation of the controls in real time with real characteristics.*

**Key words:** *aviation search and rescue, aviation search and rescue systems, aviation incident, information-logical model, simulation model.*