

КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ / CYBERSECURITY & CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE PROTECTION

DOI: [10.18372/2225-5036.23.11823](https://doi.org/10.18372/2225-5036.23.11823)

УНІВЕРСАЛЬНА МОДЕЛЬ ДАНИХ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЕРЖАВИ

Сергій Гнатюк¹, Вікторія Сидоренко¹, Нургуль Сєйлова²

¹Національний авіаційний університет, Україна

²Казахський національний дослідницький технічний університет ім. К.І. Сатпаєва, Республіка Казахстан



ГНАТЮК Сергій Олександрович, к.т.н.

Рік і місце народження: 1985 рік, м. Нетішин, Хмельницька обл., Україна.

Освіта: Національний авіаційний університет, 2007 рік.

Посада: доцент кафедри безпеки інформаційних технологій з 2012 року.

Наукові інтереси: інформаційна безпека, квантова криптографія, управління інцидентами інформаційної безпеки, захист критичної інформаційної інфраструктури держави.

Публікації: більше 200 наукових публікацій, серед яких монографії, статті у провідних вітчизняних та закордонних наукових виданнях, патенти та авторські свідоцтва.

E-mail: s.gnatyuk@nau.edu.ua



СИДОРЕНКО Вікторія Миколаївна

Рік і місце народження: 1990 рік, м. Попасна, Луганська обл., Україна.

Освіта: Національний авіаційний університет, 2012 рік.

Посада: асистент кафедри безпеки інформаційних технологій.

Наукові інтереси: інформаційна безпека, захист критичної інформаційної інфраструктури держави, кібербезпека цивільної авіації.

Публікації: 20 наукових публікацій, серед яких наукові статті, тези та матеріали доповідей на міжнародних конференціях.

E-mail: v.sydorenko@ukr.net



СЄЙЛОВА Нургуль Абадуллаєвна, к.т.н.

Рік і місце народження: 1979 рік, Кзил-Ординська область, Республіка Казахстан.

Освіта: КазНТУ ім. К.І. Сатпаєва, 2001 рік.

Посада: завідувач кафедри «Інформаційна безпека» з 2014 року.

Наукові інтереси: мережеві технології, захист інформації, розвиток операційних систем та систем управління базами даних.

Публікації: більше 25 навчально-методичних робіт і більш ніж 30 наукових статей.

E-mail: seilova_na@mail.ru

Анотація. Останнім часом у світі спостерігається тенденція до збільшення кількості надзвичайних подій різного роду. Щодня світові ЗМІ повідомляють про природні та техногенні катастрофи, збройні конфлікти, терористичні акти, важкі злочини, акти піратства, вчинені як злочинними організаціями, так і окремими особами. Все частіше, в результаті таких подій, жертвами стає велика кількість людей та завдається шкода життєво важливим для існування держав системам, об'єктам і ресурсам. З огляду на це, більшість провідних держав світу стали приділяти увагу методам та засобам ідентифікації, систематизації та забезпечення захисту об'єктів критичної інфраструктури, втрата або порушення нормального функціонування яких призведе до значних або навіть непоправних негативних наслідків для національної безпеки держави. Проте, як показав проведений аналіз вітчизняної нормативної бази, на сьогодні в Україні досі не сфор-

мовано вичерпний перелік об'єктів критичної інформаційної інфраструктури держави та не існує чіткого механізму формування цього переліку. Враховуючи зазначене, у роботі запропоновано універсальну модель даних для формування переліку об'єктів критичної інформаційної інфраструктури держави та, на базі розробленої моделі, сформовано перелік критичних об'єктів у галузі цивільної авіації. У подальших роботах планується розробка ефективних методів і засобів для ідентифікації та ранжування об'єктів, перелік яких формується з використанням запропонованої моделі даних.

Ключові слова: критична інфраструктура, критична інформаційна інфраструктура, критичні авіаційні інформаційні системи, універсальна модель даних, цивільна авіація.

Вступ

Сучасне суспільство повністю залежить від інформаційно-комунікаційних систем і мереж, відмова яких, може призвести до хаосу, значних фінансових збитків та навіть масової загибелі людей. Щоправда, переважна частина людства схильна приймати найважливіші сервіси (зокрема, їх якість) як належне до тих пір, поки щось або хтось не порушить їх роботу. Для визначення і узагальнення найважливіших та найуразливіших активів держави, порівняно нещодавно, до міжнародного законодавства було введено термін критична інфраструктура (КІ) [1]. Зазвичай, до цієї категорії відносять енергетичні та транспортні магістральні мережі, нафто- та газопроводи, морські порти, канали швидкісного та урядового зв'язку, системи життєзабезпечення мегаполісів, високотехнологічні підприємства та підприємства військово-промислового комплексу, а також центральні органи влади. Останнім часом актуальним стало питання безпеки зазначених об'єктів і забезпечення захисту КІ у цілому (на державному, і міжнародних рівнях).

Аналіз існуючих досліджень і постановка завдання

Поняття КІ почали активно вживати у другій половині 90-х років минулого сторіччя здебільшого відносно розподілених великомасштабних інформаційних систем (центрів обробки даних, об'єднаних комунікаційних мереж тощо) [2]. Більшість розвинених держав самостійно робили спроби дати визначення КІ та розробити стратегію її захисту. Згідно [3] перелік життєво важливих (критичних) інфраструктур є різним для окремих держав і визначається відповідно до їх традицій, суспільних та політичних переконань, а також географічних та історичних особливостей кожної держави. Важливим компонентом КІ є її інформаційна складова (т.з. критична інформаційна інфраструктура, КІІ), концепція захисту якої була вперше розроблена у США, а згодом розвинена і адаптована у провідних державах світу [3-5]. Згідно [6] КІ будь-якої держави – це велика складна система стратегічного масштабу, яка є сукупністю значної кількості елементів різного типу, об'єднаних зв'язками різної природи і яка володіє загальною властивістю (призначенням, функцією), відмінною від властивостей окремих елементів усієї сукупності. Проведений в [1] аналіз вітчизняної нормативної бази свідчить, що галузь захисту КІІ нашої держави перебуває на початковому етапі формування. Хоча чинним вітчизняним законодавством їй визначено окремі об'єкти соціально-економічної сфери України, надзвичайні події на яких можуть

призвести до суспільно небезпечних наслідків, проте вони не складають єдину систему [4]. Відповідно до [7] в Україні на сьогодні триває розробка пропозицій щодо формування переліку інформаційно-телекомунікаційних систем об'єктів КІ держави. Під об'єктами КІ згідно [7] слід розуміти підприємства та установи (незалежно від форми власності) таких галузей, як енергетика, хімічна промисловість, транспорт, банки та фінанси, інформаційні технології та телекомунікації (електронні комунікації), продовольство, охорона здоров'я, комунальне господарство, що є стратегічно важливими для функціонування економіки і безпеки держави, суспільства та населення.

Серед галузей КІ особливого захисту потребує цивільна авіація (ЦА) держави, де відповідно до керівних документів у цій галузі (зокрема [8]), необхідно ідентифікувати і захищати критичні авіаційні інформаційні системи (КАІС). Адже очевидно, що несанкціоноване втручання у роботу транспортної системи може призвести до значних економічних збитків, людських жертв і руйнування загальнодержавної інфраструктури. Умови функціонування ЦА швидко і суттєво змінюються із впровадженням сучасних технологій обробки, передачі та збереження інформації, що забезпечують підвищення рівня захисту і спрощення формальностей [9]. Отже, забезпечення захисту КАІС є загальнообов'язковим для кожної держави, яка є і хоче залишатись частиною міжнародної авіаційної спільноти. Проте, жоден із керівних документів ІКАО чи ЕСАС щодо забезпечення захисту міжнародної ЦА не містить повний перелік КАІС, що ускладнює розробку ефективних методів захисту КАІС від різного роду кіберзагроз. У роботі [10] проведено пошук та систематизацію сучасних КАІС, поділено їх на категорії, проаналізовано їх властивості та базові ознаки. Проте, необмежена кількість об'єктів і параметрів систем, які постійно варіюються, та важко прогнозована поведінка об'єктів з великою кількістю взаємозв'язків є основними причинами труднощів виявлення об'єктів КІ держави (зокрема в галузі ЦА). Зважаючи на це, метою цієї роботи є розробка моделі даних для формування переліку об'єктів КІІ держави.

Основна частина дослідження

З урахуванням [7], введемо повну множину категорій систем КІІ у певній галузі S :

$$S = \left\{ \bigcup_{i=1}^n S_i \right\} = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}, \quad (1)$$

де $S_i \subseteq S$ ($i = \overline{1, n}$) – категорії систем в певній галузі КІ, n – загальна кількість категорій систем.

Розглянемо приклад формування переліку об'єктів КІІ для галузі ЦА (на основі системи КАІС)

згідно [10], при $n = 3$ з урахуванням (1), визначимо множину категорій систем таким чином:

$$S_{KAIS} = \left\{ \bigcup_{i=1}^3 S_i \right\} = \{S_1, S_2, S_3\} =$$

$$= \{S_{ISAO}, S_{BSPS}, S_{ISAA}\} = \{ISAO, BSPS, ISAA\},$$

де $S_1 = S_{ISAO} = ISAO$ - множина інформаційних систем аеронавігаційного обслуговування; $S_2 = S_{BSPS} = BSPS$ - множина бортових інформаційних систем повітряних суден; $S_3 = S_{ISAA} = ISAA$ - множина інформаційних систем авіакомпаній та аеропортів згідно [10]. Слід зауважити, що кожна множина може бути представлена у трьох виглядах: множина з індексом (I), наприклад S_1 ; множина з індексом імені об'єкта (IO), наприклад S_{ISAO} та множина з іменем об'єкта (IO), наприклад **ISAO**.

Множина категорій S_i може бути представлена у вигляді множини систем:

$$S_i = \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} S_{ij} \right\} = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im_i}\}, \quad (2)$$

де $S_{ij} \subseteq S_i$ ($i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m_i}$) - системи i -ї категорії, m_i - кількість систем i -х категорії.

З урахуванням (2), вираз (1) можна представити у такому вигляді:

$$S = \left\{ \bigcup_{i=1}^n S_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} S_{ij} \right\} \right\} = \{S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1m_1},$$

$$S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2m_2}, \dots, S_{n1}, S_{n2}, \dots, S_{nm_n}\}, (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}). \quad (3)$$

Систематизовані дані представлення множин систем i -х категорій можна відобразити за допомогою табл. 1, де I та IO вид представлення множин з індексом або з іменем об'єкта відповідно.

Представлення множин систем i -ї категорії

Таблиця 1

Множини категорій (I) S_i ($i = \overline{1, n}$)	Множини категорій (IO) S_i ($i = \overline{1, n}$)	Кількість категорій систем - i ($i = \overline{1, n}$)	Кількість систем i -ї категорії - j ($j = \overline{1, m_i}$)	Множини систем (I) S_{ij} ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}$)	Множини систем (IO) S_{ij} ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}$)
S_i	S_i	i	m_i	S_{ij}	S_{ij}

Наприклад, для множини категорій S_1 , при $n = 1$, $m_1 = 5$ з використанням (2), представимо множину систем таким чином:

$$S_1 = S_{ISAO} = ISAO = \left\{ \bigcup_{j=1}^5 S_{1j} \right\} = \{S_{1,1}, S_{1,2}, S_{1,3}, S_{1,4}, S_{1,5}\} =$$

$$= \{S_{SAE}, S_{RZZP}, S_{SSP}, S_{SOD}, S_{SMZ}\} =$$

$$= \{SAE, RZZP, SSP, SOD, SMZ\},$$

де $S_{1,1} = S_{SAE} = SAE$ - системи авіаційного електрозв'язку; $S_{1,2} = S_{RZZP} = RZZP$ - радіонавігаційні засоби забезпечення польотів; $S_{1,3} = S_{SSP} = SSP$ - системи спостереження; $S_{1,4} = S_{SOD} = SOD$ - системи обробки даних; $S_{1,5} = S_{SMZ} = SMZ$ - системи метеорологічного забезпечення [10].

Аналогічно, для множини категорій S_2 , при $n = 2$, $m_2 = 7$ з використанням (2), представимо множину систем таким чином:

$$S_2 = S_{BSPS} = BSPS = \left\{ \bigcup_{j=1}^7 S_{2j} \right\} = \{S_{2,1}, S_{2,2}, S_{2,3}, S_{2,4}, S_{2,5}, S_{2,6}, S_{2,7}\} =$$

$$= \{S_{SPS}, S_{SZV}, S_{NAVS}, S_{SSPZ}, S_{OSL}, S_{SVI}, S_{ABSK}\} =$$

$$= \{SPS, SZV, NAVS, SSPZ, OSL, SVI, ABSK\},$$

де $S_{2,1} = S_{SPS} = SPS$ - система повітряних сигналів; $S_{2,2} = S_{SZV} = SZV$ - системи зв'язку; $S_{2,3} = S_{NAVS} = NAVS$ -

навігаційні системи; $S_{2,4} = S_{SSPZ} = SSPZ$ - системи спостереження та попередження зіткнень; $S_{2,5} = S_{OSL} = OSL$ - обчислювальні системи літаководіння; $S_{2,6} = S_{SVI} = SVI$ - системи відображення інформації; $S_{2,7} = S_{ABSK} = ABSK$ - автоматичні бортові системи керування [10].

Аналогічно, для множини категорій S_3 , при $n = 3$, $m_3 = 5$ з використанням (2), представимо множину систем таким чином:

$$S_3 = S_{ISAA} = ISAA = \left\{ \bigcup_{j=1}^5 S_{3j} \right\} = \{S_{3,1}, S_{3,2}, S_{3,3}, S_{3,4}, S_{3,5}\} =$$

$$= \{S_{CRS}, S_{GDS}, S_{IDS}, S_{BSP}, S_{DCS}\} = \{CRS, GDS, IDS, BSP, DCS\},$$

де $S_{3,1} = S_{CRS} = CRS$ - система комп'ютерного бронювання; $S_{3,2} = S_{GDS} = GDS$ - глобальна система резервування (бронювання); $S_{3,3} = S_{IDS} = IDS$ - Інтернет системи бронювання (Internet Distribution Systems, IDS) або альтернативні системи бронювання (Alternative Distribution Systems, ADS); $S_{3,4} = S_{BSP} = BSP$ - система взаєморозрахунків; $S_{3,5} = S_{DCS} = DCS$ - системи управління відправками згідно [10].

Представлення множин систем i -ї категорії КАІС згідно табл. 1 відображено у табл. 2.

Представлення множин систем i -ї категорії КАІС

Таблиця 2

Множини категорій (I) S_i ($i = \overline{1, n}$)	Множини категорій (IO) S_i ($i = \overline{1, n}$)	Кількість категорій систем - i ($i = \overline{1, n}$)	Кількість систем i -ї категорії - j ($j = \overline{1, m_i}$)	Множини систем (I) S_{ij} ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}$)	Множини систем (IO) S_{ij} ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}$)
S_1	ISAO	1	$m_1 = 5$	$S_{1,1}, S_{1,2}, S_{1,3}, S_{1,4}, S_{1,5}$	SAE, RZZP, SSP, SOD, SMZ
S_2	BSPS	2	$m_2 = 7$	$S_{2,1}, S_{2,2}, S_{2,3}, S_{2,4}, S_{2,5}, S_{2,6}, S_{2,7}$	SPS, SZV, NAVS, SSPZ, OSL, SVI, ABSK
S_3	ISAA	3	$m_3 = 5$	$S_{3,1}, S_{3,2}, S_{3,3}, S_{3,4}, S_{3,5}$	CRS, GDS, IDS, BSP, DCS

Множина систем S_{ij} може бути представлена у вигляді множини підсистем:

$$S_{ij} = \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_{ij}} S_{ijk} \right\} = \{S_{ij1}, S_{ij2}, \dots, S_{ijr_{ij}}\}, \quad (4)$$

де $S_{ijk} \subseteq S_{ij}$ ($i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m_i}$, $k = \overline{1, r_{ij}}$) – множина підсистем системи S_{ij} , r_{ij} – кількість підсистем ij -ї системи.

З урахуванням (4), вираз (3) можна представити у такому вигляді:

$$S = \left\{ \bigcup_{i=1}^n S_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} S_{ij} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_{ij}} S_{ijk} \right\} \right\} \right\} =$$

$$= \{ \{ \{ S_{111}, S_{112}, \dots, S_{11r_{11}} \}, \{ S_{121}, S_{122}, \dots, S_{12r_{12}} \}, \dots, \{ S_{m_1 1}, S_{m_1 2}, \dots, S_{m_1 r_{m_1}} \} \}, \{ \{ S_{211}, S_{212}, \dots, S_{21r_{21}} \}, \{ S_{221}, S_{222}, \dots, S_{22r_{22}} \}, \dots, \{ S_{2m_2 1}, S_{2m_2 2}, \dots, S_{2m_2 r_{m_2}} \} \}, \dots, \{ \{ S_{n11}, S_{n12}, \dots, S_{n1r_{n1}} \}, \{ S_{n21}, S_{n22}, \dots, S_{n2r_{n2}} \}, \dots, \{ S_{nm_1 1}, S_{nm_1 2}, \dots, S_{nm_1 r_{m_1}} \} \} \}.$$

Систематизовані дані представлення множин підсистем ij -х систем можна відобразити за допомогою табл. 3, де множини підсистем позначаються як елементи множини та є нижчим рівнем деталізації системи.

Представлення множин підсистем ij -ї системи

Таблиця 3

Множини систем (I) $S_{ij} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i})$	Множини систем (IO) $S_{ij} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i})$	Кількість підсистем ij -ї системи - k ($k = \overline{1, r_{ij}}$)	Множини підсистем (I) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Множини підсистем (IO) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$
S_{ij}	S_{ij}	r_{ij}	S_{ijk}	S_{ijk}

Наприклад, для множини $S_{1.1}$, при $n = 1$, $m_1 = 1$, $r_{1.1} = 5$, з використанням (4), представимо множину підсистем таким чином:

$$S_{1.1} = S_{SAE} = SAE = \left\{ \bigcup_{k=1}^5 S_{1.1.k} \right\} = \{S_{1.1.1}, S_{1.1.2}, S_{1.1.3}, S_{1.1.4}, S_{1.1.5}\} =$$

$$= \{S_{SAPE}, S_{SANE}, S_{ZAR}, S_{SASZ}, S_{MTM}\} =$$

$$= \{SAPE, SANE, ZAR, SASZ, MTM\},$$

де $S_{1.1.1} = S_{SAPE} = SAPE$ – системи авіаційного повітряного електрозв'язку; $S_{1.1.2} = S_{SANE} = SANE$ – системи та мережі авіаційного наземного електрозв'язку; $S_{1.1.3} = S_{ZAR} = ZAR$ – засоби авіаційного радіомовлення; $S_{1.1.4} = S_{SASZ} = SASZ$ – системи авіаційного супутникового зв'язку; $S_{1.1.5} = S_{MTM} = MTM$ – магістральні телекомунікаційні мережі згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{1.2}$, при $n = 1$, $m_1 = 2$, $r_{1.2} = 4$, з використанням (4), представимо множину підсистем таким чином:

$$S_{1.2} = S_{RZZP} = RZZP = \left\{ \bigcup_{k=1}^4 S_{1.2.k} \right\} = \{S_{1.2.1}, S_{1.2.2}, S_{1.2.3}, S_{1.2.4}\} =$$

$$= \{S_{NDB}, S_{VOR}, S_{DME}, S_{ILS}\} = \{NDB, VOR, DME, ILS\},$$

де $S_{1.2.1} = S_{NDB} = NDB$ – ненаправлені радіомаяки (Non-Directional Beacons, NDB); $S_{1.2.2} = S_{VOR} = VOR$ – всенаправлені радіомаяки (Very High Frequency Omnidirectional Range, VOR); $S_{1.2.3} = S_{DME} = DME$ – далекомірні радіомаяки (Distance Measuring Equipment, DME); $S_{1.2.4} = S_{ILS} = ILS$ – радіомаячні системи посадки (Instrument Landing Systems, ILS) згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{1.3}$, при $n = 1$, $m_1 = 3$, $r_{1.3} = 9$, з використанням (4), представимо множину підсистем таким чином:

$$S_{1.3} = S_{SSP} = SSP = \left\{ \bigcup_{k=1}^9 S_{1.3.k} \right\} =$$

$$= \{S_{1.3.1}, S_{1.3.2}, S_{1.3.3}, S_{1.3.4}, S_{1.3.5}, S_{1.3.6}, S_{1.3.7}, S_{1.3.8}, S_{1.3.9}\} =$$

$$= \{S_{PSR}, S_{SSR}, S_{MSSR}, S_{RADS}, S_{SMR}, S_{WRAD}, S_{MLAT}, S_{ADS}, S_{DF}\} =$$

$$= \{PSR, SSR, MSSR, RADS, SMR, WRAD, MLAT, ADS, DF\},$$

де $S_{1.3.1} = S_{PSR} = PSR$ – первинні оглядові радіолокатори (Primary Surveillance Radars, PSR); $S_{1.3.2} = S_{SSR} = SSR$

– вторинні оглядові радіолокатори (Secondary Surveillance Radars, SSR); $S_{1.3.3} = S_{MSSR} = MSSR$ – моноімпульсні вторинні оглядові радіолокатори (Monopulse Secondary Surveillance Radars, MSSR); $S_{1.3.4} = S_{RADS} = RADS$ – радіолокаційні комплекси у складі первинних та вторинних радіолокаторів (Radar Sites, PSR+ SSR); $S_{1.3.5} = S_{SMR} = SMR$ – радіолокатори огляду льотного поля (Surface Movement Radars, SMR); $S_{1.3.6} = S_{WRAD} = WRAD$ – метеорологічні радіолокатори (Weather Radars); $S_{1.3.7} = S_{MLAT} = MLAT$ – мультilateraційні системи (Multilateration Systems, MLAT); $S_{1.3.8} = S_{ADS} = ADS$ – наземні станції систем автоматичного залежного спостереження (Automatic Dependent Surveillance, ADS); $S_{1.3.9} = S_{DF} = DF$ – автоматичні радіопеленгатори (Direction Finders, DF) згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{1.4}$, при $n = 1$, $m_1 = 4$, $r_{1.4} = 5$, з використанням (4), представимо множину підсистем таким чином:

$$S_{1.4} = S_{SOD} = SOD = \left\{ \bigcup_{k=1}^5 S_{1.4.k} \right\} = \{S_{1.4.1}, S_{1.4.2}, S_{1.4.3}, S_{1.4.4}, S_{1.4.5}\} =$$

$$= \{S_{ASYPR}, S_{SPPP}, S_{ESAN}, S_{SOPD}, S_{SOPA}\} =$$

$$= \{ASYPR, SPPP, ESAN, SOPD, SOPA\},$$

де $S_{1.4.1} = S_{ASYPR} = ASYPR$ – автоматизовані системи управління повітряним рухом (АС УПР); $S_{1.4.2} = S_{SPPP} = SPPP$ – автоматизовані системи планування використання повітряного простору; $S_{1.4.3} = S_{ESAN} = ESAN$ – централізовані системи обробки та розповсюдження даних спостереження Європейської організації з безпеки аеронавігації EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation); $S_{1.4.4} = S_{SOPD} = SOPD$ – системи обробки та передачі польотних даних; $S_{1.4.5} = S_{SOPA} = SOPA$ – системи обробки та передачі аеронавігаційної інформації згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{1.5}$, при $n = 1$, $m_1 = 5$, $r_{1.5} = 3$, з використанням (4), представимо множину підсистем таким чином:

$$S_{1.5} = S_{SMZ} = SMZ = \left\{ \bigcup_{k=1}^3 S_{1.5.k} \right\} = \{S_{1.5.1}, S_{1.5.2}, S_{1.5.3}\} =$$

$$= \{S_{SCMAU}, S_{KRAMS}, S_{SADIS}\} = \{SCMAU, KRAMS, SADIS\},$$

де $S_{1.5.1} = S_{SCMAU} = SCMAU$ - система централізованого метеозабезпечення аеронавігації Укркероруху; $S_{1.5.2} = S_{KRAMS} = KRAMS$ - комплексні радіотехнічні аеродромні метеорологічні станції (КРАМС); $S_{1.5.3} = S_{SADIS} = SADIS$ - супутникова система розповсюдження інформації для аеронавігації (Satellite Distribution System for Information Relating to Air Navigation, SADIS) згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{2.1}$, при $n = 2$, $m_2 = 1$, $r_{2.1} = 4$, з використанням (4), представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{2.1} = S_{SPS} = SPS = \left\{ \bigcup_{k=1}^4 S_{2.1.k} \right\} = \{S_{2.1.1}, S_{2.1.2}, S_{2.1.3}, S_{2.1.4}\} = \{S_{DPPT}, S_{DZP}, S_{TPT}, S_{POP}\} = \{DPPT, DZP, TPT, POP\},$$

де $S_{2.1.1} = S_{DPPT} = DPPT$ - датчики-приймачі повітряного тиску; $S_{2.1.2} = S_{DZP} = DZP$ - датчики загальмованого потоку; $S_{2.1.3} = S_{TPT} = TPT$ - датчики трубопроводів передачі тиску; $S_{2.1.4} = S_{POP} = POP$ - прилади обробки і перетворення інформації в електричні сигнали згідно [11].

Аналогічно, для множини $S_{2.2}$, при $n = 2$, $m_2 = 2$, $r_{2.2} = 3$, з використанням (4), представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{2.2} = S_{SZV} = SZV = \left\{ \bigcup_{k=1}^3 S_{2.2.k} \right\} = \{S_{2.2.1}, S_{2.2.2}, S_{2.2.3}\} = \{S_{BRS}, S_{CPDLS}, S_{AKARS}\} = \{BRS, CPDLS, AKARS\},$$

де $S_{2.2.1} = S_{BRS} = BRS$ - бортові радіостанції; $S_{2.2.2} = S_{CPDLS} = CPDLS$ - обладнання для передачі даних CPDLS; $S_{2.2.3} = S_{AKARS} = AKARS$ - обладнання для передачі даних ACARS згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{2.3}$, при $n = 2$, $m_2 = 3$, $r_{2.3} = 8$, з використанням (4), представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{2.3} = S_{NAVS} = NAVS = \left\{ \bigcup_{k=1}^8 S_{2.3.k} \right\} = \{S_{2.3.1}, S_{2.3.2}, S_{2.3.3}, S_{2.3.4}, S_{2.3.5}, S_{2.3.6}, S_{2.3.7}, S_{2.3.8}\} = \{S_{SNS}, S_{ISN}, S_{ARK}, S_{RV}, S_{BVOR}, S_{BD}, S_{BILS}, S_{DVKZ}\} = \{SNS, ISN, ARK, RV, BVOR, BD, BILS, DVKZ\},$$

де $S_{2.3.1} = S_{SNS} = SNS$ - супутникові навігаційні системи (CHC); $S_{2.3.2} = S_{ISN} = ISN$ - інерціальні навігаційні системи (IHC); $S_{2.3.3} = S_{ARK} = ARK$ - автоматичні радіокомпаси (APK); $S_{2.3.4} = S_{RV} = RV$ - радіовисотоміри (PB); $S_{2.3.5} = S_{BVOR} = BVOR$ - бортове обладнання системи VOR; $S_{2.3.6} = S_{BD} = BD$ - бортові далекоміри; $S_{2.3.7} = S_{BILS} = BILS$ - бортове обладнання системи ILS; $S_{2.3.8} = S_{DVKZ} = DVKZ$ - доплерівський вимірювач швидкості та кута зносу згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{2.4}$, при $n = 2$, $m_2 = 4$, $r_{2.4} = 4$, з використанням (4), представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{2.4} = S_{SSPZ} = SSPZ = \left\{ \bigcup_{k=1}^4 S_{2.4.k} \right\} = \{S_{2.4.1}, S_{2.4.2}, S_{2.4.3}, S_{2.4.4}\} = \{S_{TRA}, S_{TCAS}, S_{SRPZ}, S_{BMR}\} = \{TRA, TCAS, SRPZ, BMR\},$$

де $S_{2.4.1} = S_{TRA} = TRA$ - транспондери; $S_{2.4.2} = S_{TCAS} = TCAS$ - бортові системи попередження зіткнень (TCAS); $S_{2.4.3} = S_{SRPZ} = SRPZ$ - системи раннього попередження небезпечних зближень із землею; $S_{2.4.4} = S_{BMR} = BMR$ - бортові метеонавігаційні радіолокатори згідно [10].

Аналогічно, для множини $S_{2.5}$, при $n = 2$, $m_2 = 5$, $r_{2.5} = 2$, з використанням (4), представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{2.5} = S_{OSL} = OSL = \left\{ \bigcup_{k=1}^2 S_{2.5.k} \right\} = \{S_{2.5.1}, S_{2.5.2}\} = \{S_{OBCH}, S_{MCDU}\} = \{OBCH, MCDU\},$$

де $S_{2.5.1} = S_{OBCH} = OBCH$ - обчислювачі; $S_{2.5.2} = S_{MCDU} = MCDU$ - багатофункціональні блоки контролю та відображення (Multifunction Control and Display Unit – MCDU) згідно [12].

Аналогічно, для множини $S_{2.6}$, при $n = 2$, $m_2 = 6$, $r_{2.6} = 5$, з використанням (4) представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{2.6} = S_{SVI} = SVI = \left\{ \bigcup_{k=1}^5 S_{2.6.k} \right\} = \{S_{2.6.1}, S_{2.6.2}, S_{2.6.3}, S_{2.6.4}, S_{2.6.5}\} = \{S_{DBSVS}, S_{DSVS}, S_{OSVS}, S_{NSVSO}, S_{ISVS}\} = \{DBSVS, DSVS, OSVS, NSVSO, ISVS\},$$

де $S_{2.6.1} = S_{DBSVS} = DBSVS$ - датчики та бази даних системи SVS (Synthetic Vision System – система синтетичного бачення); $S_{2.6.2} = S_{DSVS} = DSVS$ - дисплеї SVS; $S_{2.6.3} = S_{OSVS} = OSVS$ - обчислювачі SVS; $S_{2.6.4} = S_{NSVSO} = NSVSO$ - необхідне SVS обладнання; $S_{2.6.5} = S_{ISVS} = ISVS$ - інші системи відображення інформації згідно [13].

Аналогічно, для множини $S_{2.7}$, при $n = 2$, $m_2 = 7$, $r_{2.7} = 4$, з використанням (4), представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{2.7} = S_{ABSK} = ABSK = \left\{ \bigcup_{k=1}^4 S_{2.7.k} \right\} = \{S_{2.7.1}, S_{2.7.2}, S_{2.7.3}, S_{2.7.4}\} = \{S_{APIL}, S_{SAU}, S_{PILS}, S_{PNK}\} = \{APIL, SAU, PILS, PNK\},$$

де $S_{2.7.1} = S_{APIL} = APIL$ - автопілоти; $S_{2.7.2} = S_{SAU} = SAU$ - системи автоматичного управління; $S_{2.7.3} = S_{PILS} = PILS$ - пілотажні системи; $S_{2.7.4} = S_{PNK} = PNK$ - пілотажно-навігаційні комплекси згідно [14].

Аналогічно, для множини $S_{3.1}$, при $n = 3$, $m_3 = 1$, $r_{3.1} = 2$, з використанням (4) представимо множини підсистем таким чином:

$$S_{3.1} = S_{CRS} = CRS = \left\{ \bigcup_{k=1}^2 S_{3.1.k} \right\} = \{S_{3.1.1}, S_{3.1.2}\} = \{S_{DELTM}, S_{PANAM}\} = \{DELTM, PANAM\},$$

де $S_{3.1.1} = S_{DELTM} = DELTM$ - уніфікована система Deltamatic фірми «Delta»; $S_{3.1.2} = S_{PANAM} = PANAM$ - уніфікована система Pana-Mac фірми «Pan Am» згідно [15].

Аналогічно, для множини $S_{3,2}$, при $n = 3$, $m_3 = 2$, $r_{3,2} = 18$, з використанням (4), представимо мно-

$$S_{3,2} = S_{GDS} = \mathbf{GDS} = \left\{ \bigcup_{k=1}^{18} S_{3,2,k} \right\} = \{S_{3,2,1}, S_{3,2,2}, S_{3,2,3}, S_{3,2,4}, S_{3,2,5}, S_{3,2,6}, S_{3,2,7}, S_{3,2,8}, S_{3,2,9}, S_{3,2,10}, S_{3,2,11}, S_{3,2,12}, S_{3,2,13}, S_{3,2,14}, S_{3,2,15}, S_{3,2,16}, S_{3,2,17}, S_{3,2,18}\} = \\ = \{S_{AMDS}, S_{TGDS}, S_{SAB}, S_{TRES}, S_{APSS}, S_{ABCS}, S_{ACA}, S_{AXS}, S_{IBE}, S_{KUI}, S_{MER}, S_{NAV}, S_{PATH}, S_{RAD}, S_{AKF}, S_{TTI}, S_{WSMS}, S_{SIR}\} = \\ = \{AMDS, TGDS, SAB, TRES, APSS, ABCS, ACA, AXS, IBE, KUI, MER, NAV, PATH, RAD, AKF, TTI, WSMS, SIR\},$$

де $S_{3,2,1} = S_{AMDS} = AMDS$ - Amadeus; $S_{3,2,2} = S_{TGDS} = TGDS$ - Travelport GDS; $S_{3,2,3} = S_{SAB} = SAB$ - Sabre; $S_{3,2,4} = S_{TRES} = TRES$ - TameliaRES; $S_{3,2,5} = S_{APSS} = APSS$ - Avantik PSS; $S_{3,2,6} = S_{ABCS} = ABCS$ - Abacus; $S_{3,2,7} = S_{ACA} = ACA$ - AccelAero; $S_{3,2,8} = S_{AXS} = AXS$ - Axess; $S_{3,2,9} = S_{IBE} = IBE$ - Internet Booking Engine; $S_{3,2,10} = S_{KUI} = KUI$ - KIU; $S_{3,2,11} = S_{MER} = MER$ - Mercator; $S_{3,2,12} = S_{NAV} = NAV$ - Navitaire; $S_{3,2,13} = S_{PATH} = PATH$ - Patheo; $S_{3,2,14} = S_{RAD} = RAD$ - Radixx; $S_{3,2,15} = S_{AKF} = AKF$ - Akeflite; $S_{3,2,16} = S_{TTI} = TTI$ - Travel Technology Interactive; $S_{3,2,17} = S_{WSMS} = WSMS$ - WorldTicket Sell-More-Seats; $S_{3,2,18} = S_{SIR} = SIR$ - Сирена [10].

Аналогічно, для множини $S_{3,3}$, при $n = 3$, $m_3 = 3$, $r_{3,3} = 8$, з використанням (4), представимо мно- жину підсистем таким чином:

$$S_{3,3} = S_{IDS} = \mathbf{IDS} = \left\{ \bigcup_{k=1}^8 S_{3,3,k} \right\} = \\ = \{S_{3,3,1}, S_{3,3,2}, S_{3,3,3}, S_{3,3,4}, S_{3,3,5}, S_{3,3,6}, S_{3,3,7}, S_{3,3,8}\} = \\ = \{S_{BKNG}, S_{OKT}, S_{EXP}, S_{ORB}, S_{HRS}, S_{TRAV}, S_{HOT}, S_{PRLN}\} = \\ = \{BKNG, OKT, EXP, ORB, HRS, TRAV, HOT, PRLN\},$$

де $S_{3,3,1} = S_{BKNG} = BKNG$ - Booking.com; $S_{3,3,2} = S_{OKT} = OKT$ - Oktogo; $S_{3,3,3} = S_{EXP} = EXP$ - Expedia.com; $S_{3,3,4} = S_{ORB} = ORB$ - Orbitz.com; $S_{3,3,5} = S_{HRS} = HRS$ - HRS.com; $S_{3,3,6} = S_{TRAV} = TRAV$ - Travelocity.com; $S_{3,3,7} = S_{HOT} = HOT$ - Hotels.com; $S_{3,3,8} = S_{PRLN} = PRLN$ - Priceline.com [10].

Аналогічно, для множини $S_{3,4}$, при $n = 3$, $m_3 = 4$, $r_{3,4} = 8$, з використанням (4), представимо мно- жину підсистем таким чином:

жину підсистем таким чином:

$$S_{3,4} = S_{BSP} = \mathbf{BSP} = \left\{ \bigcup_{k=1}^8 S_{3,4,k} \right\} = \\ = \{S_{3,4,1}, S_{3,4,2}, S_{3,4,3}, S_{3,4,4}, S_{3,4,5}, S_{3,4,6}, S_{3,4,7}, S_{3,4,8}\} = \\ = \{S_{STD}, S_{SAF}, S_{ODOC}, S_{ZVPR}, S_{PROCO}, S_{SABZ}, S_{PPKK}, S_{POV}\} = \\ = \{STD, SAF, ODOC, ZVPR, PROCO, SABZ, PPKK, POV\},$$

де $S_{3,4,1} = S_{STD} = STD$ - стандартна перевізна докумен- тація (STD); $S_{3,4,2} = S_{SAF} = SAF$ - стандартна адмініст- ративна форма (SAF); $S_{3,4,3} = S_{ODOC} = ODOC$ - система оформлення документів; $S_{3,4,4} = S_{ZVPR} = ZVPR$ - систе- ма звітів по розрахункам; $S_{3,4,5} = S_{PROCO} = PROCO$ - си- стема процедури оплати; $S_{3,4,6} = S_{SABZ} = SABZ$ - систе- ма санкцій, адміністративних та банківських зборів; $S_{3,4,7} = S_{PPKK} = PPKK$ - система продажу по кредитних картах; $S_{3,4,8} = S_{POV} = POV$ - система повернення кви- тків згідно [16].

Аналогічно, для множини $S_{3,5}$, при $n = 3$, $m_3 = 5$, $r_{3,5} = 5$, з використанням (4), представимо мно- жину підсистем таким чином:

$$S_{3,5} = S_{DCS} = \mathbf{DCS} = \left\{ \bigcup_{k=1}^5 S_{3,5,k} \right\} = \{S_{3,5,1}, S_{3,5,2}, S_{3,5,3}, S_{3,5,4}, S_{3,5,5}\} = \\ = \{S_{SITA}, S_{TAIS}, S_{SAMDS}, S_{JKCS}, S_{HCS}\} = \{SITA, TAIS, SAMDS, JKCS, HCS\},$$

де $S_{3,5,1} = S_{SITA} = SITA$ - SITA; $S_{3,5,2} = S_{TAIS} = TAIS$ - TAIS; $S_{3,5,3} = S_{SAMDS} = SAMDS$ - системи від Amadeus; $S_{3,5,4} = S_{JKCS} = JKCS$ - John Keells Computer Services; $S_{3,5,5} = S_{HCS} = HCS$ - Hitit Computer Services [10].

Представлення множин підсистем ij -ї системи згідно табл. 3 відображено у табл. 4.

Представлення множин підсистем ij -ї системи КАІС

Таблиця 4

Множини систем (I) $S_{ij} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i})$	Множини систем (IO) $S_{ij} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i})$	Кількість підсистем ij -ї системи- k ($k = \overline{1, r_{ij}}$)	Множини підсистем (I) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Множини підсистем (IO) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$
$S_{1,1}$	SAE	$r_{1,1} = 5$	$S_{1,1,1}, S_{1,1,2}, S_{1,1,3}, S_{1,1,4}, S_{1,1,5}$	<i>SAPE, SANE, ZAR, SASZ, MTM</i>
$S_{1,2}$	RZZP	$r_{1,2} = 4$	$S_{1,2,1}, S_{1,2,2}, S_{1,2,3}, S_{1,2,4}$	<i>NDB, VOR, DME, ILS</i>
$S_{1,3}$	SSP	$r_{1,3} = 9$	$S_{1,3,1}, S_{1,3,2}, S_{1,3,3}, S_{1,3,4}, S_{1,3,5}, S_{1,3,6}, S_{1,3,7}, S_{1,3,8}, S_{1,3,9}$	<i>PSR, SSR, MSSR, RADS, SMR, WRAD, MLAT, ADS, DF</i>
$S_{1,4}$	SOD	$r_{1,4} = 5$	$S_{1,4,1}, S_{1,4,2}, S_{1,4,3}, S_{1,4,4}, S_{1,4,5}$	<i>ASYPR, SPPP, ESAN, SOPD, SOPA</i>
$S_{1,5}$	SMZ	$r_{1,5} = 3$	$S_{1,5,1}, S_{1,5,2}, S_{1,5,3}$	<i>SCMAU, KRAMS, SADIS</i>
$S_{2,1}$	SPS	$r_{2,1} = 4$	$S_{2,1,1}, S_{2,1,2}, S_{2,1,3}, S_{2,1,4}$	<i>DPPT, DZP, TPT, POP</i>
$S_{2,2}$	SZV	$r_{2,2} = 3$	$S_{2,2,1}, S_{2,2,2}, S_{2,2,3}$	<i>BRS, CPDLS, AKARS</i>
$S_{2,3}$	NAVS	$r_{2,3} = 8$	$S_{2,3,1}, S_{2,3,2}, S_{2,3,3}, S_{2,3,4}, S_{2,3,5}, S_{2,3,6}, S_{2,3,7}, S_{2,3,8}$	<i>SNS, INS, ARK, RV, BVOR, BD, BILS, DVKZ</i>
$S_{2,4}$	SSPZ	$r_{2,4} = 4$	$S_{2,4,1}, S_{2,4,2}, S_{2,4,3}, S_{2,4,4}$	<i>TRA, TCAS, SRPZ, BMR</i>

$S_{2,5}$	OSL	$r_{2,5} = 2$	$S_{2,5,1}, S_{2,5,2}$	<i>OBCH, MCDU</i>
$S_{2,6}$	SVI	$r_{2,6} = 5$	$S_{2,6,1}, S_{2,6,2}, S_{2,6,3}, S_{2,6,4}, S_{2,6,5}$	<i>DBSVS, DSVS, OSVS, NSVSO, ISVS</i>
$S_{2,7}$	ABSK	$r_{2,7} = 4$	$S_{2,7,1}, S_{2,7,2}, S_{2,7,3}, S_{2,7,4}$	<i>APIL, SAU, PILS, PNK</i>
$S_{3,1}$	CRS	$r_{3,1} = 2$	$S_{3,1,1}, S_{3,1,2}$	<i>DELTM, PANAM</i>
$S_{3,2}$	GDS	$r_{3,2} = 18$	$S_{3,2,1}, S_{3,2,2}, S_{3,2,3}, S_{3,2,4}, S_{3,2,5}, S_{3,2,6}, S_{3,2,7}, S_{3,2,8}, S_{3,2,9}, S_{3,2,10}, S_{3,2,11}, S_{3,2,12}, S_{3,2,13}, S_{3,2,14}, S_{3,2,15}, S_{3,2,16}, S_{3,2,17}, S_{3,2,18}$	<i>AMDS, TGDS, SAB, TRES, APSS, ABCS, ACA, AXS, IBE, KUI, MER, NAV, PATH, RAD, AKF, TTI, WSMS, SIR</i>
$S_{3,3}$	IDS	$r_{3,3} = 8$	$S_{3,3,1}, S_{3,3,2}, S_{3,3,3}, S_{3,3,4}, S_{3,3,5}, S_{3,3,6}, S_{3,3,7}, S_{3,3,8}$	<i>BKNG, OKT, EXP, ORB, HRS, TRAV, HOT, PRLN</i>
$S_{3,4}$	BSP	$r_{3,4} = 8$	$S_{3,4,1}, S_{3,4,2}, S_{3,4,3}, S_{3,4,4}, S_{3,4,5}, S_{3,4,6}, S_{3,4,7}, S_{3,4,8}$	<i>STD, SAF, ODOC, ZVPR, PROCO, SABZ, PPKK, POV</i>
$S_{3,5}$	DCS	$r_{3,5} = 5$	$S_{3,5,1}, S_{3,5,2}, S_{3,5,3}, S_{3,5,4}, S_{3,5,5}$	<i>SITA, TAIS, SAMDS, JKCS, HCS</i>

Множина підсистем системи S_{ijk} може бути представлена у вигляді підмножини підсистем:

$$S_{ijk} = \left\{ \bigcup_{p=1}^{v_{ijk}} S_{ijkp} \right\} = \{S_{ijk1}, S_{ijk2}, \dots, S_{ijkv_{ijk}}\}, \quad (6)$$

де $S_{ijkp} \subseteq S_{ijk}$ ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}}, p = \overline{1, v_{ijk}}$) – підмножина підсистем S_{ijk} , v_{ijk} – кількість підмножин ijk -ї підсистеми.

З урахуванням (6), вираз (3) можна представити у такому вигляді:

$$S = \left\{ \bigcup_{i=1}^n S_i \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} S_{ij} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{i=1}^n \left\{ \bigcup_{j=1}^{m_i} \left\{ \bigcup_{k=1}^{r_{ij}} S_{ijk} \right\} \right\} \right\} = \left\{ \left\{ \{S_{111}, S_{112}, \dots, S_{11v_{11}}\}, \{S_{121}, S_{122}, \dots, S_{12v_{12}}\}, \dots, \{S_{11r_{11}^1}, S_{11r_{11}^2}, \dots, S_{11r_{11}^{v_{11}1}}\}, \{S_{12r_{12}^1}, S_{12r_{12}^2}, \dots, S_{12r_{12}^{v_{12}1}}\}, \dots, \{S_{1m_1 11}, S_{1m_1 12}, \dots, S_{1m_1 1v_{1m_1}}\}, \{S_{1m_1 21}, S_{1m_1 22}, \dots, S_{1m_1 2v_{1m_1}}\}, \dots, \{S_{1m_i r_{im_i} 1}, S_{1m_i r_{im_i} 2}, \dots, S_{1m_i r_{im_i} v_{im_i}}\} \right\}, \left\{ \{S_{211}, S_{212}, \dots, S_{21v_{21}}\}, \{S_{221}, S_{222}, \dots, S_{22v_{22}}\}, \dots, \{S_{21r_{21}^1}, S_{21r_{21}^2}, \dots, S_{21r_{21}^{v_{21}1}}\}, \{S_{22r_{22}^1}, S_{22r_{22}^2}, \dots, S_{22r_{22}^{v_{22}1}}\}, \dots, \{S_{2m_2 11}, S_{2m_2 12}, \dots, S_{2m_2 1v_{2m_2}}\}, \{S_{2m_2 21}, S_{2m_2 22}, \dots, S_{2m_2 2v_{2m_2}}\}, \dots, \{S_{2m_i r_{2m_i} 1}, S_{2m_i r_{2m_i} 2}, \dots, S_{2m_i r_{2m_i} v_{2m_i}}\} \right\}, \dots, \left\{ \{S_{n11}, S_{n12}, \dots, S_{n1v_{n1}}\}, \{S_{n21}, S_{n22}, \dots, S_{n2v_{n2}}\}, \dots, \{S_{n1r_{n1}^1}, S_{n1r_{n1}^2}, \dots, S_{n1r_{n1}^{v_{n1}1}}\}, \{S_{n2r_{n2}^1}, S_{n2r_{n2}^2}, \dots, S_{n2r_{n2}^{v_{n2}1}}\}, \dots, \{S_{nm_n 11}, S_{nm_n 12}, \dots, S_{nm_n 1v_{nm_n}}\}, \{S_{nm_n 21}, S_{nm_n 22}, \dots, S_{nm_n 2v_{nm_n}}\}, \dots, \{S_{nm_i r_{nm_i} 1}, S_{nm_i r_{nm_i} 2}, \dots, S_{nm_i r_{nm_i} v_{nm_i}}\} \right\} \right\}. \quad (7)$$

Систематизовані дані представлення підмножин ijk -х підсистем можна відобразити за допомогою табл. 5,

де підмножини підсистем позначаються як елементи множини та є нижчим рівнем деталізації системи.

Представлення підмножин ijk -ї підсистеми

Таблиця 5

Множини підсистем (I) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Множини підсистем (IO) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Кількість підмножин ijk -ї підсистеми - p ($p = \overline{1, v_{ijk}}$)	Підмножини підсистем (I) $S_{ijkp} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}}, p = \overline{1, v_{ijk}})$	Підмножини підсистем (IO) $S_{ijkp} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}}, p = \overline{1, v_{ijk}})$
S_{ijk}	S_{ijk}	v_{ijk}	S_{ijkp}	S_{ijkp}

Наприклад, для множини підсистем $S_{1,1,1}$, при $n = 1, m_1 = 1, r_{1,1} = 1, v_{1,1,1} = 3$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{1,1,1} = S_{SAPE} = SAPE = \left\{ \bigcup_{p=1}^3 S_{1,1,1,p} \right\} = \{S_{1,1,1,1}, S_{1,1,1,2}, S_{1,1,1,3}\} = \{S_{NRPZ}, S_{CPDLC}, S_{ACARS}\} = \{NRPZ, CPDLC, ACARS\},$$

де $S_{1,1,1,1} = S_{NRPZ} = NRPZ$ – наземні засоби радіозв'язку «повітря – земля»; $S_{1,1,1,2} = S_{CPDLC} = CPDLC$ – обладнання для передачі даних Controller-Pilot Data Link Communications (CPDLC); $S_{1,1,1,3} = S_{ACARS} = ACARS$ – обладнання для передачі даних Aircraft Communications Addressing and Reporting System (ACARS) згідно [10].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{1,1,2}$, при $n = 1, m_1 = 1, r_{1,1} = 2, v_{1,1,2} = 6$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{1,1,2} = S_{SANE} = SANE = \left\{ \bigcup_{p=1}^6 S_{1,1,2,p} \right\} = \{S_{1,1,2,1}, S_{1,1,2,2}, S_{1,1,2,3}, S_{1,1,2,4}, S_{1,1,2,5}, S_{1,1,2,6}\} = \{S_{ZPRZZ}, S_{SCGZ}, S_{ZRZ}, S_{AFTN}, S_{AMHS}, S_{MOD}\} = \{ZPRZZ, SCGZ, ZRZ, AFTN, AMHS, MOD\},$$

де $S_{1,1,2,1} = S_{ZPRZZ} = ZPRZZ$ – засоби проводового (оперативного і телефонного) та радіозв'язку «земля – земля»; $S_{1,1,2,2} = S_{SCGZ} = SCGZ$ – системи комутації голосового зв'язку; $S_{1,1,2,3} = S_{ZRZ} = ZRZ$ – засоби радіорелейного зв'язку; $S_{1,1,2,4} = S_{AFTN} = AFTN$ – мережа авіаційного фіксованого електрозв'язку (Aeronautical Fixed Telecommunication Network, AFTN); $S_{1,1,2,5} = S_{AMHS} = AMHS$ – системи обміну повідомленнями обслуговування повітряного руху (Air Traffic Service

Message Handling System, AMHS); $S_{1.1.2.6} = S_{MOD} = MOD$ – мережі обміну даними згідно [10].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{1.1.3}$, при $n = 1$, $m_1 = 1$, $r_{1.1} = 3$, $v_{1.1.3} = 2$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{1.1.3} = S_{ZAR} = ZAR = \left\{ \bigcup_{p=1}^2 S_{1.1.3.p} \right\} = \{S_{1.1.3.1}, S_{1.1.3.2}\} = \\ = \{S_{VOLM}, S_{ATIS}\} = \{VOLM, ATIS\},$$

де $S_{1.1.3.1} = S_{VOLM} = VOLM$ – обладнання ДВЧ-радіомовних передач типів VOLMET; $S_{1.1.3.2} = S_{ATIS} = ATIS$ – обладнання ДВЧ-радіомовних передач типів ATIS згідно [10].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{1.4.1}$, при $n = 1$, $m_1 = 4$, $r_{1.4} = 1$, $v_{1.4.1} = 7$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{1.4.1} = S_{ASYPR} = ASYPR = \left\{ \bigcup_{p=1}^7 S_{1.4.1.p} \right\} = \\ = \{S_{1.4.1.1}, S_{1.4.1.2}, S_{1.4.1.3}, S_{1.4.1.4}, S_{1.4.1.5}, S_{1.4.1.6}, S_{1.4.1.7}\} = \\ = \{S_{ODSS}, S_{OPD}, S_{MKS}, S_{ZVI}, S_{KGZ}, S_{PPR}, S_{ZBP}\} = \\ = \{ODSS, OPD, MKS, ZVI, KGZ, PPR, ZBP\},$$

де $S_{1.4.1.1} = S_{ODSS} = ODSS$ – обробки даних системи спостереження; $S_{1.4.1.2} = S_{OPD} = OPD$ – обробки польотних даних; $S_{1.4.1.3} = S_{MKS} = MKS$ – моніторингу та контролю систем; $S_{1.4.1.4} = S_{ZVI} = ZVI$ – запису та відтворення інформації; $S_{1.4.1.5} = S_{KGZ} = KGZ$ – комутації голосового зв'язку; $S_{1.4.1.6} = S_{PPR} = PPR$ – підтримки прийняття рішень; $S_{1.4.1.7} = S_{ZBP} = ZBP$ – забезпечення безпеки польотів згідно [10].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{1.4.3}$, при $n = 1$, $m_1 = 4$, $r_{1.4} = 3$, $v_{1.4.3} = 2$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{1.4.3} = S_{ESAN} = ESAN = \left\{ \bigcup_{p=1}^2 S_{1.4.3.p} \right\} = \{S_{1.4.3.1}, S_{1.4.3.2}\} = \\ = \{S_{ARTAS}, S_{SDDS}\} = \{ARTAS, SDDS\},$$

де $S_{1.4.3.1} = S_{ARTAS} = ARTAS$ – ATM surveillance Tracker And Server (ARTAS); $S_{1.4.3.2} = S_{SDDS} = SDDS$ – Surveillance Data Distribution System (SDDS) згідно [10].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{1.4.4}$, при $n = 1$, $m_1 = 4$, $r_{1.4} = 4$, $v_{1.4.4} = 1$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{1.4.4} = S_{SOPD} = SOPD = \left\{ \bigcup_{p=1}^1 S_{1.4.4.p} \right\} = \{S_{1.4.4.1}\} = \{S_{IFPS}\} = \{IFPS\},$$

де $S_{1.4.4.1} = S_{IFPS} = IFPS$ – EUROCONTROL Integrated Initial Flight Plan Processing System (IFPS) згідно [10].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{2.1.1}$, при $n = 2$, $m_2 = 1$, $r_{2.1} = 1$, $v_{2.1.1} = 3$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{2.1.1} = S_{DPPT} = DPPT = \left\{ \bigcup_{p=1}^3 S_{2.1.1.p} \right\} = \{S_{2.1.1.1}, S_{2.1.1.2}, S_{2.1.1.3}\} = \\ = \{S_{PST}, S_{PDT}, S_{KPPT}\} = \{PST, PDT, KPPT\},$$

де $S_{2.1.1.1} = S_{PST} = PST$ – приймачі статистичного тиску; $S_{2.1.1.2} = S_{PDT} = PDT$ – приймачі динамічного тиску; $S_{2.1.1.3} = S_{KPPT} = KPPT$ – комбіновані приймачі повного тиску згідно [11].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{2.1.3}$, при $n = 2$, $m_2 = 1$, $r_{2.1} = 3$, $v_{2.1.3} = 2$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{2.1.3} = S_{TPT} = TPT = \left\{ \bigcup_{p=1}^2 S_{2.1.3.p} \right\} = \{S_{2.1.3.1}, S_{2.1.3.2}\} = \\ = \{S_{STATL}, S_{DYNL}\} = \{STATL, DYNL\},$$

де $S_{2.1.3.1} = S_{STATL} = STATL$ – трубопроводів статистичних ліній; $S_{2.1.3.2} = S_{DYNL} = DYNL$ – трубопроводів динамічних ліній згідно [11].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{2.6.1}$, при $n = 2$, $m_2 = 6$, $r_{2.6} = 1$, $v_{2.6.1} = 5$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{2.6.1} = S_{DBSVS} = DBSVS = \left\{ \bigcup_{p=1}^5 S_{2.6.1.p} \right\} = \\ = \{S_{2.6.1.1}, S_{2.6.1.2}, S_{2.6.1.3}, S_{2.6.1.4}, S_{2.6.1.5}\} = \\ = \{S_{BBSB}, S_{RVM}, S_{BMRL}, S_{BMDX}, S_{BSIB}\} = \\ = \{BBSB, RVM, BMRL, BMDX, BSIB\},$$

де $S_{2.6.1.1} = S_{BBSB} = BBSB$ – бортова база даних синтетичного бачення; $S_{2.6.1.2} = S_{RVM} = RVM$ – радіовисотоміри SVS; $S_{2.6.1.3} = S_{BMRL} = BMRL$ – бортовий метеорадіолокатор; $S_{2.6.1.4} = S_{BMDX} = BMDX$ – бортовий РЛС міліметрового діапазону хвиль; $S_{2.6.1.5} = S_{BSIB} = BSIB$ – бортова система інфрачервоного бачення згідно [13].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{2.6.2}$, при $n = 2$, $m_2 = 6$, $r_{2.6} = 2$, $v_{2.6.2} = 5$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{2.6.2} = S_{DSVS} = DSVS = \left\{ \bigcup_{p=1}^5 S_{2.6.2.p} \right\} = \\ = \{S_{2.6.2.1}, S_{2.6.2.2}, S_{2.6.2.3}, S_{2.6.2.4}, S_{2.6.2.5}\} = \\ = \{S_{PFD}, S_{ND}, S_{HUD}, S_{HMD}, S_{IDIS}\} = \\ = \{PFD, ND, HUD, HMD, IDIS\},$$

де $S_{2.6.2.1} = S_{PFD} = PFD$ – пілотажний дисплей (PFD); $S_{2.6.2.2} = S_{ND} = ND$ – навігаційний дисплей (ND); $S_{2.6.2.3} = S_{HUD} = HUD$ – системи індикації на склі (Head-Up Display – HUD); $S_{2.6.2.4} = S_{HMD} = HMD$ – дисплеї, вмонтовані у шолом пілота (Helmet-Mounted Display); $S_{2.6.2.5} = S_{IDIS} = IDIS$ – інші дисплеї згідно [13].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{2.6.3}$, при $n = 2$, $m_2 = 6$, $r_{2.6} = 3$, $v_{2.6.3} = 3$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{2.6.3} = S_{OSVS} = OSVS = \left\{ \bigcup_{p=1}^3 S_{2.6.3.p} \right\} = \{S_{2.6.3.1}, S_{2.6.3.2}, S_{2.6.3.3}\} = \\ = \{S_{OSZ}, S_{OGPP}, S_{OVP}\} = \{OSZ, OGPP, OVP\},$$

де $S_{2.6.3.1} = S_{OSZ} = OSZ$ - обчислювач синтезування зображення; $S_{2.6.3.2} = S_{OGPP} = OGPP$ - обчислювач групування, перевірки правдивості та схвалення результатів роботи системи SVS; $S_{2.6.3.3} = S_{OVP} = OVP$ - обчислювач відображення позначок згідно [13].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{3.2.2}$, при $n = 3, m_3 = 2, r_{3.2} = 2, v_{3.2.2} = 3$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{3.2.2} = S_{TGDS} = TGDS = \left\{ \bigcup_{p=1}^3 S_{3.2.2.p} \right\} = \{S_{3.2.2.1}, S_{3.2.2.2}, S_{3.2.2.3}\} = \\ = \{S_{APLL}, S_{GALL}, S_{WSPN}\} = \{APLL, GALL, WSPN\},$$

де $S_{3.2.2.1} = S_{APLL} = APLL$ - Apollo; $S_{3.2.2.2} = S_{GALL} = GALL$ - Galileo; $S_{3.2.2.3} = S_{WSPN} = WSPN$ - Worldspan згідно [10].

Аналогічно, для множини підсистем $S_{3.5.2}$, при $n = 3, m_3 = 5, r_{3.5} = 2, v_{3.5.2} = 3$, з використанням (6), представимо підмножину підсистем таким чином:

$$S_{3.5.2} = S_{TAIS} = TAIS = \left\{ \bigcup_{p=1}^3 S_{3.5.2.p} \right\} = \{S_{3.5.2.1}, S_{3.5.2.2}, S_{3.5.2.3}\} = \\ = \{S_{TCRS}, S_{TDCS}, S_{TTSH}\} = \{TCRS, TDCS, TTSH\},$$

де $S_{3.5.2.1} = S_{TCRS} = TCRS$ - TAIS CRS (резервування та продаж перевезень); $S_{3.5.2.2} = S_{TDCS} = TDCS$ - TAIS DCS (управління відправками); $S_{3.5.2.3} = S_{TTSH} = TTSH$ - TAIS Travel Shop (електронна комерція) згідно [17].

Представлення підмножин ijk -ї підсистеми згідно табл. 5 відображено у табл. 6.

Представлення підмножин ijk -ї підсистеми КАІС

Таблиця 6

Множини підсистем (I) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Множини підсистем (IO) $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Кількість підмножин ijk -ї підсистеми - $p (p = \overline{1, v_{ijk}})$	Підмножини підсистем (I) $S_{ijkp} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}}, p = \overline{1, v_{ijk}})$	Підмножини підсистем (IO) $S_{ijkp} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}}, p = \overline{1, v_{ijk}})$
$S_{1.1.1}$	SAPE	$v_{1.1.1} = 3$	$S_{1.1.1.1}, S_{1.1.1.2}, S_{1.1.1.3}$	NRPZ, CPDLC, ACARS
$S_{1.1.2}$	SANE	$v_{1.1.2} = 6$	$S_{1.1.2.1}, S_{1.1.2.2}, S_{1.1.2.3}, S_{1.1.2.4}, S_{1.1.2.5}, S_{1.1.2.6}$	ZPRZZ, SCGZ, ZRZ, AFTN, AMHS, MOD
$S_{1.1.3}$	ZAR	$v_{1.1.3} = 2$	$S_{1.1.3.1}, S_{1.1.3.2}$	VOLM, ATIS
$S_{1.4.1}$	ASYPR	$v_{1.4.1} = 7$	$S_{1.4.1.1}, S_{1.4.1.2}, S_{1.4.1.3}, S_{1.4.1.4}, S_{1.4.1.5}, S_{1.4.1.6}, S_{1.4.1.7}$	ODSS, OPD, MKS, ZVI, KGZ, PPR, ZBP
$S_{1.4.3}$	ESAN	$v_{1.4.3} = 2$	$S_{1.4.3.1}, S_{1.4.3.2}$	ARTAS, SDDS
$S_{1.4.4}$	SOPD	$v_{1.4.4} = 1$	$S_{1.4.4.1}$	IFPS
$S_{2.1.1}$	DPPT	$v_{2.1.1} = 3$	$S_{2.1.1.1}, S_{2.1.1.2}, S_{2.1.1.3}$	PST, PDT, KPPT
$S_{2.1.3}$	TPT	$v_{2.1.3} = 2$	$S_{2.1.3.1}, S_{2.1.3.2}$	STATL, DYNL
$S_{2.6.1}$	DBSVS	$v_{2.6.1} = 5$	$S_{2.6.1.1}, S_{2.6.1.2}, S_{2.6.1.3}, S_{2.6.1.4}, S_{2.6.1.5}$	BBSB, RVM, BMRL, BMDX, BSIB
$S_{2.6.2}$	DSVS	$v_{2.6.2} = 5$	$S_{2.6.2.1}, S_{2.6.2.2}, S_{2.6.2.3}, S_{2.6.2.4}, S_{2.6.2.5}$	PFD, ND, HUD, HMD, IDIS
$S_{2.6.3}$	OSVS	$v_{2.6.3} = 3$	$S_{2.6.3.1}, S_{2.6.3.2}, S_{2.6.3.3}$	OSZ, OGPP, OVP
$S_{3.2.2}$	TGDS	$v_{3.2.2} = 3$	$S_{3.2.2.1}, S_{3.2.2.2}, S_{3.2.2.3}$	APLL, GALL, WSPN
$S_{3.5.2}$	TAIS	$v_{3.5.2} = 3$	$S_{3.5.2.1}, S_{3.5.2.2}, S_{3.5.2.3}$	TCRS, TDCS, TTSH

У залежності від можливостей деталізації категорій галузі КП підмножина підсистем S_{ijkp} може бути також представлена у вигляді підмножин з поглибленим рівнем деталізації. Тому існує необхідність представлення повної множини категорій систем у галузі КП S у загальному вигляді таким чином:

$$S = \left\{ \bigcup_{i_1=1}^{n_0} \left\{ \bigcup_{i_2=1}^{n_{i_1}} \left\{ \dots \left\{ \bigcup_{i_l=1}^{n_{i_1, i_2, \dots, i_{l-1}}} S_{i_1, i_2, \dots, i_l} \right\} \right\} \right\} \right\}, \quad (8)$$

де $S_{i_1, i_2, \dots, i_l} \subseteq S (i_1 = \overline{1, n_0}, i_2 = \overline{1, n_{i_1}}, i_l = \overline{1, n_{i_1, i_2, \dots, i_{l-1}}})$ - рівні деталізації категорій систем S, l - кількість рівнів деталізації категорій систем.

Наприклад, у цій роботі для галузі ЦА, системи КАІС був визначений рівень деталізації $l = 4$, який з урахуванням (8), можна представити так:

Перелік об'єктів КП для певної галузі

Таблиця 7

Повна множина категорій систем КП	Множини категорій (IO) $S_i (i = \overline{1, n})$	Множини систем (IO) $S_j (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i})$	Множини підсистем (IO) / елементи множини $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Підмножини підсистем (IO) $S_{ijkp} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, r_{ij}}, p = \overline{1, v_{ijk}})$
S	S_i	S_j	S_{ijk}	S_{ijkp}

$$S = \left\{ \bigcup_{i_1=1}^{n_0} S_{i_1} \right\} = \left\{ \bigcup_{i_1=1}^{n_0} \left\{ \bigcup_{i_2=1}^{n_{i_1}} S_{i_1, i_2} \right\} \right\} \quad (9)$$

$$= \left\{ \bigcup_{i_1=1}^{n_0} \left\{ \bigcup_{i_2=1}^{n_{i_1}} \left\{ \bigcup_{i_3=1}^{n_{i_1, i_2}} S_{i_1, i_2, i_3} \right\} \right\} \right\} = \left\{ \bigcup_{i_1=1}^{n_0} \left\{ \bigcup_{i_2=1}^{n_{i_1}} \left\{ \bigcup_{i_3=1}^{n_{i_1, i_2}} \left\{ \bigcup_{i_4=1}^{n_{i_1, i_2, i_3}} S_{i_1, i_2, i_3, i_4} \right\} \right\} \right\} \right\},$$

де $S_{i_1, i_2, \dots, i_l} \subseteq S (i_1 = \overline{1, n_0}, i_2 = \overline{1, n_{i_1}}, i_3 = \overline{1, n_{i_1, i_2}}, i_4 = \overline{1, n_{i_1, i_2, i_3}})$ - рівні деталізації категорій S_{KAIS} , при чому, згідно виразів (1), (2), (4) та (6) $i_1 = i, i_2 = j, i_3 = k, i_4 = p$ та $n_0 = n, n_{i_1} = m_i, n_{i_1, i_2} = r_{ij}, n_{i_1, i_2, i_3} = v_{ijk}$.

Систематизовані дані представлення переліку об'єктів КП для певної галузі можна відобразити за допомогою табл. 7.

Перелік об'єктів КІІ для галузі ЦА (системи КАІС) згідно табл. 7 відображено у табл. 8. При чому, підсистеми не зазначені у табл. 6, та, які за думкою авторів, відповідають значенню $v_{ijk} = 0$, зазначені у табл. 8 як підсистеми, що не мають відповідних підмножин (за відсутності можливості систематизації даних або відсутності вичерпної інформації про підсистему) та є останніми рівнями деталізації.

Перелік об'єктів КІІ для галузі ЦА (КАІС) Таблиця 8

Повна множина категорій систем КІІ	Множини категорій (ІО) $S_i (i = \overline{1, n})$	Множини систем (ІО) $S_j (j = \overline{1, m_j})$	Множини підсистем (ІО)/елементи множини $S_{ijk} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_j}, k = \overline{1, r_{ij}})$	Підмножини підсистем (ІО) $S_{ijkp} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m_j}, k = \overline{1, r_{ij}}, p = \overline{1, v_{ijk}})$
KAIS	ISAO	SAE	SAPE	NRPZ
				CPDLS
				ACARS
			SANE	ZPRZZ
				SKGZ
				ZRZ
				AFTN
				AMHS
				MOD
				VOLM
			ZAR	ATIS
				SASZ
			RZZP	MTM
				NDB
				VOR
				DME
				ILS
		SSP	PSR	
			SSR	
			MSSR	
			RADS	
			SMR	
			WRAD	
			MLAT	
			ADS	
			DF	
		SOD	ASYPR	ODSS
				OPD
				MKS
				ZVI
				KGZ
				PPR
				ZBP
			SPPP	
			ESAN	ARTAS

Продовження таблиці 8

BSPS	SMZ	SPS	SZV	NAVS	SSPZ	OSL	SVI	ABS	SDDS
									IFPS
									SCMAU
									KRAMS
									SADIS
									PST
									PDT
									KPPT
									STATL
									DYNL
									POP
									BRS
									CPDLS
									AKARS
									SNS
									INS
									ARK
									RV
									BVOR
									BD
									BILS
									DVKZ
									TRA
									TCAS
									SRPZ
									BMR
									OBCH
									MCDU
BBSB									
RVM									
BMRL									
BMDX									
BSIB									
PFD									
ND									
HUD									
HMD									
IDIS									
OSZ									
OGPP									
OVP									
NSVSO									
ISVS									
APIL									
SAU									
PILS									
PNK									

Продовження таблиці 8

ISAA	CRS	DELTM	
		PANAM	
	GDS	AMDS	
		TGDS	APLL
			GALL
			WSPN
		SAB	
		TRES	
		APSS	
		ABCS	
		ACA	
		AXS	
		IBE	
		KUI	
		MER	
		NAV	
		PATH	
		RAD	
		AKF	
TTI			
WSMS			
SIR			
	IDS	BKNG	
		OKT	
		EXP	
		ORB	
		HRS	
		TRAV	
		HOT	
		PRLN	
		STD	
		SAF	
	BSP	ODOC	
		ZVPR	
		PROCO	
		SABZ	
		PPKK	
		POV	
		SITA	
	DCS		TCRS
		TAIS	TDCS
			TTSH
		SAMDS	
		JKCS	
		HCS	

Крім того, з метою оцінювання рівня важливості і ранжування визначених об'єктів КІ держави у різних галузях, згідно [18, 19], кожен такий об'єкт може бути представлений у вигляді наступного кортежу параметрів:

$$\langle S, C, F, D, E, O, W, R, K \rangle, \quad (10)$$

де **S** – множини систем певної галузі (можуть мати l – рівнів деталізації категорії системи згідно (8)); **C** – множина компонентів системи l -го рівня деталізації; **F** – множина функцій компонентів системи; **D** – множина переривань роботи компонентів системи; **E** – множина наслідків переривань роботи; **O** – множина ознак виявлення переривань роботи; **W** – множина способів виявлення переривань роботи; **R** – множина значень рангів критичності; **K** – множина коригувальних заходів.

Висновки

У роботі розроблено універсальну модель даних, яка за рахунок мультирівневої деталізації критичних систем, введення базової множини категорій систем певної галузі КІ держави і відповідних множин, що характеризують ієрархію зв'язків базової множини, а також кортежного представлення, який характеризує об'єкт КІ, дозволяє формалізувати процес формування переліку об'єктів КІ держави. Для прикладу було сформовано перелік об'єктів КІ для галузі КАІС, при рівні деталізації $l = 4$ (виділено 3 множини категорій, 17 множин систем, 97 множин підсистем, 45 підмножин підсистем). Отриманий перелік ідентифікованих критичних об'єктів може бути використаний для подальшої оцінки уразливостей, аналізу можливих загроз та розробки відповідних методів і засобів захисту зазначених об'єктів від кіберзагроз.

Література

- [1] С. Гнатюк, М. Рябий, В. Лядовська, «Визначення критичної інформаційної інфраструктури та її захист: аналіз підходів», *Зб'язок*, №4, С. 3-7, 2014.
- [2] С. Гнатюк, В. Лядовська, «Критерії визначення елементів критичної інфраструктури держави», *Матеріали XXIII всеукр. наук.-практ. конф. «Інноваційний потенціал світової науки – XXI сторіччя»*. Запоріжжя: Вид-во ПГА, С. 55-57, 2013.
- [3] A. Wenger, V. Mauer, M. Caveltly «International critical information infrastructure protection handbook 2008-2009», Center for Security Studies, ETH Zurich, 2009.
- [4] О. Довгань, «Критична інфраструктура як об'єкт захисту від кібернетичних атак», *Матеріали наук.-практ. конф. «Інформаційна безпека: виклики і загрози сучасності»*. К: НА СБ України, С. 17-20, 2013.
- [5] Д. Бірюков, С. Кондратов, «Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні». К: НІСД, 96 с, 2012.
- [6] С. Keating, R. Rogers, R. Unal, D. Dryer, R. Safford, W. Peterson, G. Rabadí, «System of Systems Engineerings», *Engineering Management Journal*, Vol. 15, № 3, p. 36-45, 2003.
- [7] Постанова про затвердження Порядку формування переліку інформаційно-телекомунікаційних систем об'єктів критичної інфраструктури держави. Постанова Кабінету Міністрів України від 23.08.2016, №563. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/563-2016-%D0%BF>.
- [8] Doc 8973 ICAO «Керівництво з авіаційної безпеки» (Restricted), Вид. 9, 818 с, 2014.

[9] О. Корченко, В. Бурячок, С. Гнатюк, «Кібернетична безпека держави: характерні ознаки та проблемні аспекти», *Безпека інформації*, т. 19, №1, С. 40-45, 2013.

[10] С. Гнатюк, Д. Васильев, «Сучасні критичні авіаційні інформаційні системи», *Безпека інформації*, Т. 2, №1, С. 51-57, 2016.

[11] «Система воздушных сигналов». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2. [Дата доступа: июль 2017].

[12] «Система управління польотом літака». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B0. [Дата доступа: липень 2017].

[13] В. Харченко, І. Остроумов, «Авіоніка: навчальний посібник». К.: НАУ, 272 с., 2013.

[14] «Класифікація систем керування літаком». [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://stud.opedia.su/10_106505_1-klasifikatsiya-sistem-keruvannya-litakom-c-.html. [Дата доступу: липень 2017].

[15] «Виникнення та еволюція комп'ютерних систем бронювання». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://pidruchniki.com/15801117/turizm/viniknennya-evolyutsiya-kompyuternih-sistem-bronyuvannya>.

[16] «Посібник з BSP для Агентів Місцеві Процедури». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.iata.org/Sites/FMC/Files/ukraine-local-procedures-bsp-ukranian.pdf>. [Дата доступу: липень 2017].

[17] «TAIS Airline Solution – система обслуговування авіапасажирів». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://tais.ru/solution/icarus/>.

[18] Л. Щербак, С. Гнатюк, В. Сидоренко, О. Шаховал, «Метод визначення рівня важливості об'єктів критичної інформаційної інфраструктури в галузі цивільної авіації», *Безпека інформації*, т. 23, №1, С. 27- 38, 2017.

[19] В. Сидоренко, С. Гнатюк, О. Юдін, «Експериментальне дослідження методу визначення рівня важливості об'єктів критичної інформаційної інфраструктури в галузі цивільної авіації», *Захист інформації*, т. 19, №2, С. 155-172, 2017.

УДК 004.056.5 (045)

Гнатюк С.А., Сидоренко В.Н., Сейлова Н.А. Универсальная модель данных для формирования перечня объектов критического информационно-инфраструктуры государства

Аннотация. В последнее время в мире наблюдается тенденция к увеличению количества чрезвычайных событий различного рода. Ежедневно мировые СМИ сообщают о природных и техногенных катастрофах, вооруженных конфликтах, террористических актах, тяжких преступлениях, актах пиратства, совершенные как преступными организациями, так и отдельными лицами. Все чаще, в результате таких событий, жертвами становятся большое количество людей и наносится вред жизненно важным для существования государств системам, объектам и ресурсам. Учитывая это, большинство ведущих государств мира стали уделять внимание методам и средствам идентификации, систематизации и обеспечения защиты объектов критической инфраструктуры, потеря или нарушение нормального функционирования которых приведет к значительным или даже непоправимым негативным последствиям для национальной безопасности государства. Однако, как показал проведенный анализ отечественной нормативной базы, на сегодня в Украине до сих пор не сформирован исчерпывающий перечень объектов критической информационно-инфраструктуры государства и не существует четкого механизма формирования этого перечня. Учитывая указанное, в работе предложена универсальная модель данных для формирования перечня объектов критической информационно-инфраструктуры государства и на базе разработанной модели, сформирован перечень критических объектов в области гражданской авиации. В дальнейших работах планируется разработка эффективных методов и средств для идентификации и ранжирования объектов, перечень которых формируется с использованием предложенной модели данных.

Ключевые слова: критическая инфраструктура, критическая информационная инфраструктура, критические авиационные информационные системы, универсальная модель данных, гражданская авиация.

Gnatyuk S., Sydorenko V., Seilova N. Universal data model for the formation of the critical information infrastructure of the state objects list

Abstract. In recent times all over the world the number of different emergency situations was increased. Every day mass media informs about natural and man-caused disasters, weapon conflicts, acts of terrorism, global crimes, acts of piracy that were committed by both crime organizations and single offenders. Increasingly frequently as a result of these events many people falls a victim and also state critical importance systems and resources can be damaged. By this means most of world leader states have attended to methods and means of identifying, systematization and security assurance for critical infrastructure objects. Loss or operational breakdown of these objects can cause significant or irreparably damage for national security of the state. However, as shown by the analysis of the domestic normative base, today in Ukraine an exhaustive list of objects of the critical information infrastructure of the state is not yet formed and there is no clear mechanism for the formation of this list. Given the above, the paper proposes a universal data model for the formation of critical information infrastructure of the state objects list and, on the basis of the developed model, a list of critical objects in the field of civil aviation is formed. In further works is planned to develop efficient methods and tools for identifying and ranking objects, the list of which is formed using the proposed model of data.

Key words: critical infrastructure, critical information infrastructure, critical aviation information systems, universal data model, civil aviation.