

## АРХІТЕКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ СИСТЕМИ СИТУАЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ОХОРОНОЮ ЗОН ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ

Розглядаються архітектура та функціональні можливості системи ситуаційного керування охороною зон відповідальності. Описуються особливості реалізації та функціонування підсистеми (ПС) „Аналітик”, призначеної для оцінки ситуацій, що можуть виникати в процесі ситуаційного керування.

### Вступ

В роботі [1] проаналізовано задачу оцінки ситуацій, що можуть виникати в процесі ситуаційного керування охороною зон відповідальності, та сформульовано множину вимог до інтелектуальної підсистеми, призначеної для рішення цієї задачі. Метою даної роботи є, з одного боку, викладення питань, пов'язаних з архітектурою як системи ситуаційного керування охороною зон відповідальності в цілому, так і ПС „Аналітик”, призначеної для рішення задач оцінки ситуацій, з іншого – огляд особливостей реалізації ПС „Аналітик” та прикладів її використання для рішення прикладних задач.

### 1. Узагальнена архітектура системи ситуаційного керування

Ситуаційне керування – це сукупність цілеспрямованих дій, які включають оцінку ситуації та стану об'єкта керування, вибір керівних дій та їх реалізацію.

Система ситуаційного керування (ССК) охороною зони відповідальності призначена для відображення на геоінформаційній основі, аналізу та оцінки ситуації з об'єктами контролю (ОК) у такій зоні для прийняття рішень щодо запровадження оперативних, пошукових та рятувальних заходів з боку відповідних підрозділів охоронних, диспетчерських або наглядових структур у режимі реального часу.

Для цього ССК має включати сервіси прийому/передачі даних для підтримки зв'язку з програмно-технічними засобами обробки інформації у таких підрозділах та з

мультисенсорними засобами спостереження (МСЗС).

Набір функцій ССК групується у межах двох підсистем з відповідними автоматизованими робочими місцями (АРМ).

Функціональна структура ПС „Обстановка” для контролю та відображення оперативної обстановки у зоні відповідальності (ПС-1/ССК) має включати функції:

- прийому та реєстрації даних щодо ОК від МСЗС у зоні відповідальності (Ф-1/ПС-1);
- узагальнення даних щодо ОК та відображення оперативної обстановки на електронній карті (Ф-2/ПС-1);
- передачі вибіркової інформації щодо оперативної обстановки до підрозділів охорони (Ф-3/ПС-1).

Функціональна структура ПС „Аналітик” для аналізу та оцінки ситуації у зоні відповідальності та керування охороною (ПС-2/ССК) має включати функції:

- аналізу оперативної обстановки, моделювання та оцінки ситуації, що склалася з ОК в зоні відповідальності (Ф-1/ПС-2);
- формування та передача керівних вказівок до підрозділів охорони щодо проведення ними оперативних, пошукових та рятувальних заходів (Ф-2/ПС-2).

Узагальнена архітектура ССК показана на рис. 1. Визначимо окремі компоненти архітектури.

МСЗС – це сукупність окремих сенсорів (засобів технічного спостереження: радарів, тепловізорів, відеосистем, датчиків переміщення та ін.), які призначені для виявлення та спостереження за об'єктами

контролю, та засобів передачі даних до ССК у стаціонарному (спеціальні споруди, вежі, щогли спостереження та ін.) або мобільному (спеціально обладнані колісні або гусеничні машини) виконанні.



Рис. 1. Архітектура ССК

Підрозділи охорони зон відповідальності (ПОЗВ) – це підрозділи, що вповноважені у своїй зоні відповідальності проводити визначені відповідними директивними або відомчими документами заходи (спостереження, нагляд, контроль, моніторинг, а також оперативні, пошукові та рятувальні заходи тощо).

У ССК програмно-апаратні компоненти, що вказані на рис. 1, призначені:

- АРМ „Оператор” – для автоматизації процесів прийому та реєстрації даних від кількох МСЗС про обстановку в зонах відповідальності, ведення відповідних класифікаторів, а також для відображення Таблиця 1. Перелік даних БД «Об’єкти контролю» ПС «Обстановка»

обстановки на електронній карті в режимі прямого доступу до БД;

- АРМ „Аналітик” – для автоматизації процесів аналізу ситуацій, що склалися у зоні відповідальності, їх оцінку та можливі наслідки і формування керівних вказівок для відповідних підрозділів щодо проведення ними оперативних, пошукових та рятувальних заходів;
- АРМ „Системний адміністратор” – для налагодження параметрів ССК, а також моніторингу її функціонування;
- АРМ „Адміністратор безпеки” – для надання прав доступу користувачам ССК та моніторингу їх роботи, тобто для захисту інформаційних, програмно-апаратних та технічних ресурсів у відповідності до вимог політики безпеки ССК.

Вищевказані АРМ є клієнтами геоінформаційного серверу та серверу БД, які зберігають відповідні бази даних та обробляють запити з боку клієнтів у межах локальної обчислювальної мережі ССК.

## 2. Інформаційне забезпечення ПС „Аналітик”

Інформаційне забезпечення ПС „Аналітик” базується на даних БД ПС „Обстановка”, яка наповнюється під час ведення спостереження за об’єктами контролю у зоні відповідальності автоматично (від МСЗС) або вручну оператором, якщо інформація надходить з інших місць. Узагальнений перелік основних даних такої БД, що задіяні в ПС „Аналітик”, наведено у табл. 1 та 2.

Перед передачею даних БД ПС „Обстановка” у ПС „Аналітик” вони піддаються обробці передобробником для вираховування відсутніх показників та для наповнення проміжної БД (ПБД). Вербальний опис алгоритму функціонування передобробника наведено у табл. 3, а блок-схема алгоритму – на рис. 2.

За даними ПБД формується транспортний файл з даними, необхідними для функціонування ПС „Аналітик”.

У подальших розділах детальніше розглянемо архітектуру та особливості реалізації ПС „Аналітик”.

## Прикладні засоби програмування та програмне забезпечення

Показник БД			Значення показника
індекс	назва	формат	
T-1	Реєстраційний номер ОК	int	T-1 – M-1 ключі для зв'язку БД (табл.1 та 2)
T-2	Назва ОК	[varchar]	
T-3	Габарити ОК (класифікатор)	int	1 – надвеликий, 2 – великий 3 – середній, 4 – малий, 5 – надмалий
T-4	Належність ОК (класифікатор)	int	1 – свій, 2 – чужий
T-5	Клас ОК (класифікатор)	int	1 – військовий, 2 – цивільний
T-6	Наявність попередження про наступні дії (класифікатор)	int	1 – без попередження 2 – з попередженням
T-7	Дата, час реєстрації ОК	[datetime]	Дата, години, хвилини
T-8	Тип ОК (класифікатор)	int	1 – промислове (добувне) судно, 2 – морська бурова платформа 3 – вантажне судно, 4 – пасажирське судно
T-9	Довжина	int	Метри
T-10	Оцінка ситуації з ОК	int	1 – звичайна ситуація, 2 – підвищеної уваги, 3 – критична
T-11	Група специфічного обліку суден	int	1 – судна групи «А», 2 – судна групи «В», 3 – судна групи «С»

Таблиця 2. Перелік даних БД «Рух об'єкта контролю» ПС «Обстановка»

Показник БД			Значення показника
індекс	назва	формат	
M-1	Реєстраційний номер ОК	int	M-1 – T-1 ключі для зв'язку БД (табл.1 та 2)
M-2	Дата та час події	[datetime]	Дата, години, хвилини
M-3	Подія (класифікатор)	int	1 – наближається до зони, 2 – увійшов у зону 3 – пересувається у зоні, 4 – наближається до іншого ОК 5 – перебуває у безпосередній близькості до іншого ОК 6 – відходить від іншого ОК у зоні 7 – прямує із зони, 8 – вийшов із зони
M-4	Курс (град.)	int	Градуси
M-5	Швидкість (вузли)	int	Вузли
M-6	Довгота (долі град.)	float	Долі градусу
M-7	Широта (долі град.)	float	Долі градусу
M-8	Ступінь мобільності ОК (класифікатор)	int	1 – на ходу (рухомий) 2 – на якорі (нерухомий) 3 – без можливості керування (дрейфуючий)

Таблиця 3. Алгоритм роботи передобробника БД ПС «Обстановка»

Крок	Алгоритмічна операція
1	Вибір будь-якого судна за T-1 та внесення всіх наявних значень всіх показників (T-2–T-11) БД у ПБД
2	Якщо для судна значення T-8 дорівнює 1 або 2, перехід до кроку 3; якщо 3 – до кроку 4; інакше – до кроку 17
3	Якщо у БД нема значення M-5, то визначити його та визначити термін часу ходу з такою швидкістю по показниках M-6 та M-7 в залежності від M-2; перехід до кроку 5
4	Якщо у БД нема значення M-4, M-5, то визначити їх та визначити термін часу ходу з такою швидкістю по показниках M-6 та M-7 в залежності від M-2 та визначити T-11 по показниках T-6 та M-8; визначити, чи є біля цього судна інше судно на відстані менше 20 м; перехід до кроку 6
5	Якщо для судна значення T-8 (тип) дорівнює 1, перехід до кроку 7, якщо 2 – до кроку 8
6	Якщо біля судна, що спостерігається (судно 1), знаходиться інше судно (судно 2), визначити для нього значення T-8 та перехід до кроку 9; інакше – до кроку 16
7	Внести до ПБД у показник ситуації значення <b>КС-1.12.1</b>
8	Внести до ПБД у показник ситуації значення <b>КС-1.12.5</b>
9	Якщо значення T-8 (судна 2) дорівнює 3, перехід до кроку 10; інакше – до кроку 16
10	Визначення всіх показників БД цього судна (судна 2) та внесення у ПБД. Якщо значення не всіх показників наявні, то вирахувати їх відповідно до кроку 4. Перехід до кроку 11
11	Якщо для (судна 2) показник M-8 має значення 1, перехід до кроку 12; якщо 2 – до 13; інакше – до кроку 17
12	Якщо значення M-4, M-5 обох суден збігаються ( $M-4^2=M-4^3$ ; $M-5^2=M-5^3$ ), і термін часу ходу з такою швидкістю перевищує 10 хвилин, а швидкість – не більше 10 вузлів, то перехід до кроку 14; інакше, – перехід до кроку 16
13	Якщо значення M-5 (судна 1) дорівнює 0, і термін часу без ходу перевищує 10 хвилин, то перехід до кроку 15; інакше – кроку 16
14	Внести до ПБД у показник ситуації значення <b>КС-2.5.1</b>
15	Внести до ПБД у показник ситуації значення <b>КС-2.5.3</b>
16	Звичайна ситуація, судно просто пересувається по акваторії. Вихід
17	Макет системи не розраховано на оцінку ситуації з такими суднами, або у БД введені помилкові дані. Вихід

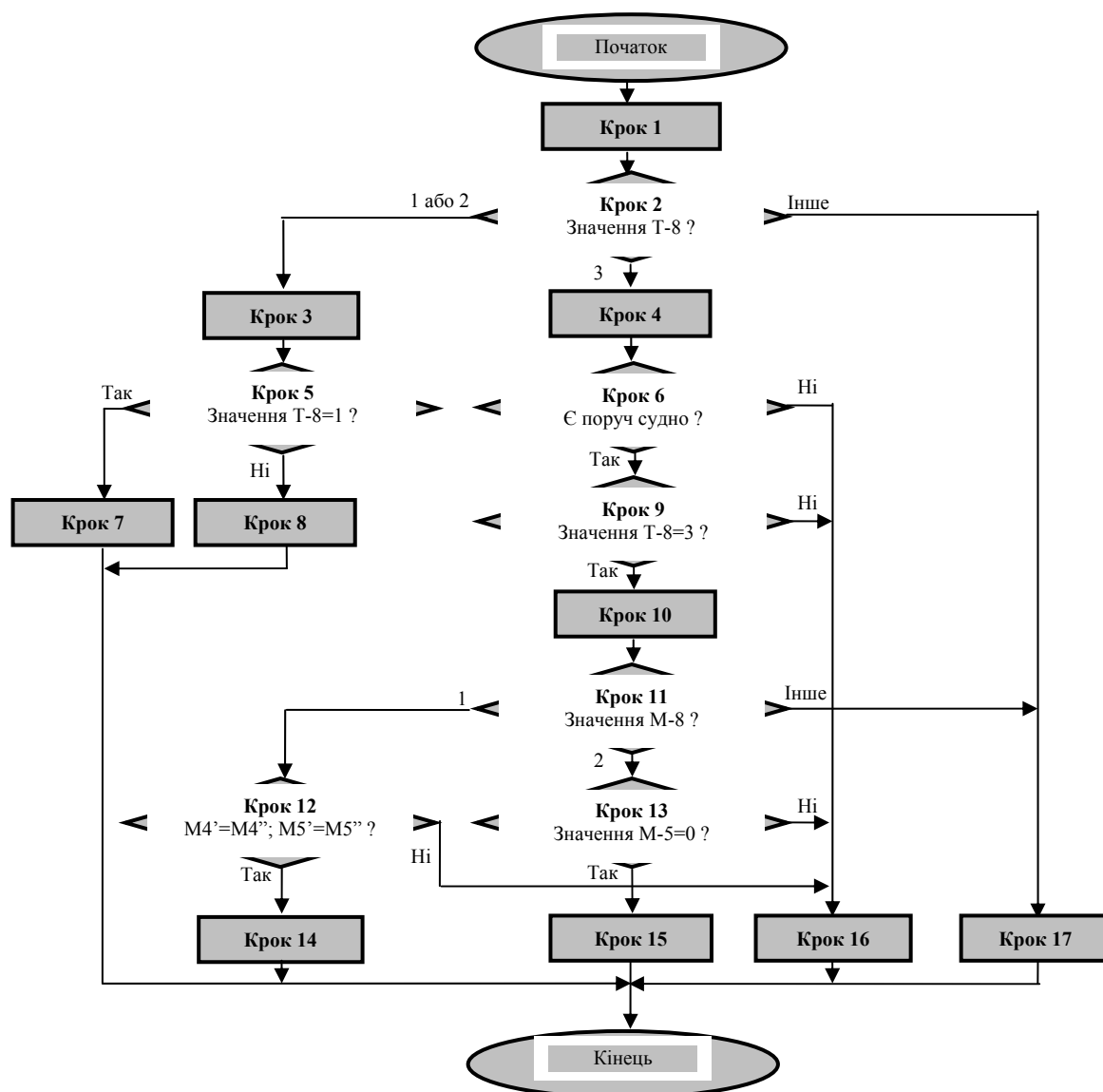


Рис. 2. Блок-схема алгоритму роботи передобробника

### 3. Архітектура ПС „Аналітик”

У відповідності до вимог, що пред’явлено до інтелектуальної підсистеми оцінки ситуацій [1], ПС „Аналітик” має забезпечувати:

- автоматичне об’єднання різних баз знань (БЗ), знання в яких подано за допомогою логіко-обчислювальної семантичної мережі (ЛОС-мережі) [2, 3] як моделі подання знань;
- автоматичну верифікацію знань, поданих за допомогою ЛОС-мережі;
- підтримку процесів несуперечного опису ситуації, яка підлягає оцінці;
- обробку знань з використанням механізму логічного виводу, заснованого на методі прямого виводу.

Особливості реалізації перелічених

функцій в ПС „Аналітик” відображено в діаграмі діяльності (в нотатції UML), показаної на рис. 3. Архітектуру ПС „Аналітик” (в нотатції UML), що відповідає діаграмі діяльності, показано на рис. 4. Коротко розглянемо сутність операцій, що входять до складу діаграми діяльності.

Операція „Вибір та завантаження ЛОС-мереж...” реалізується за допомогою відповідного інтерфейсу (див. рис. 5) і забезпечує завантаження однієї або декількох БЗ та їх автоматичне об’єднання.

Операція „Конвертування БД ...” забезпечує перетворення даних, що описують параметри об’єкта контролю, у внутрішній формат даних ПС „Аналітик”.

Операція „Статична верифікація ...” забезпечує перевірку БЗ на несуперечність

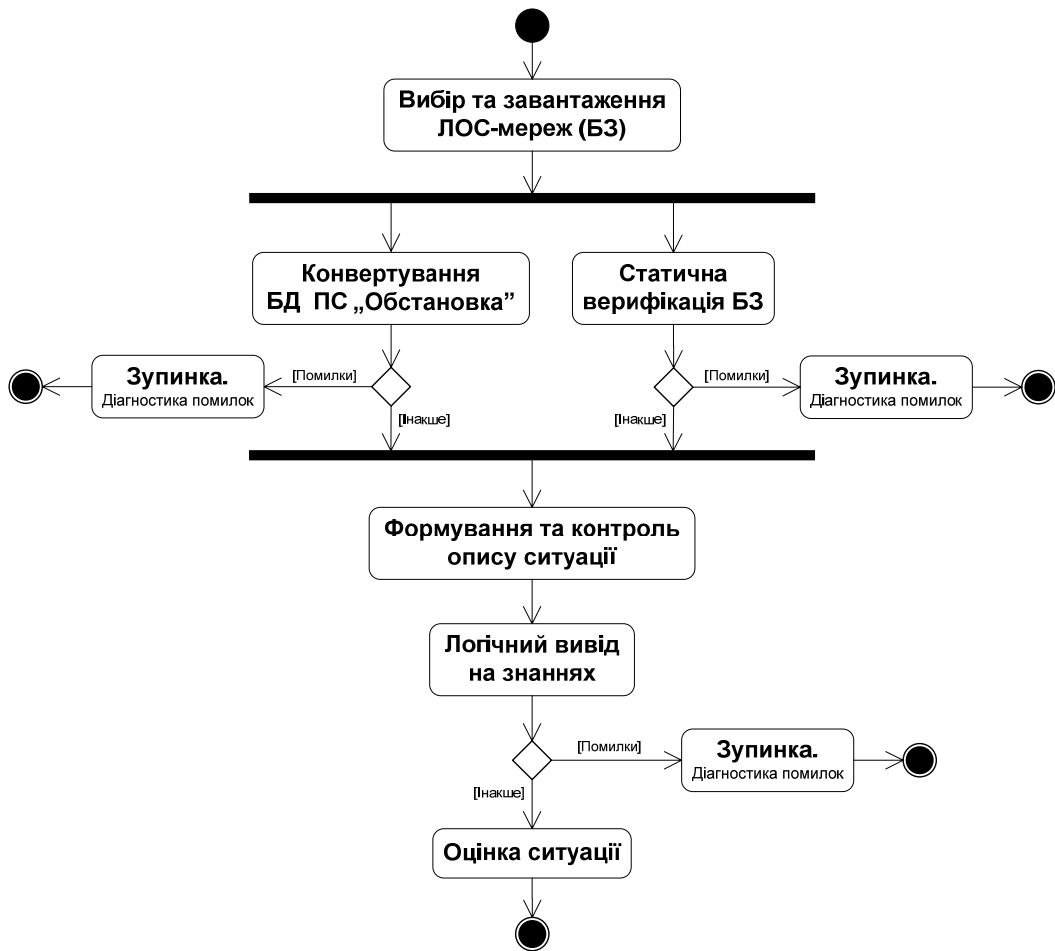


Рис. 3. Діаграма діяльності з оцінки ситуації

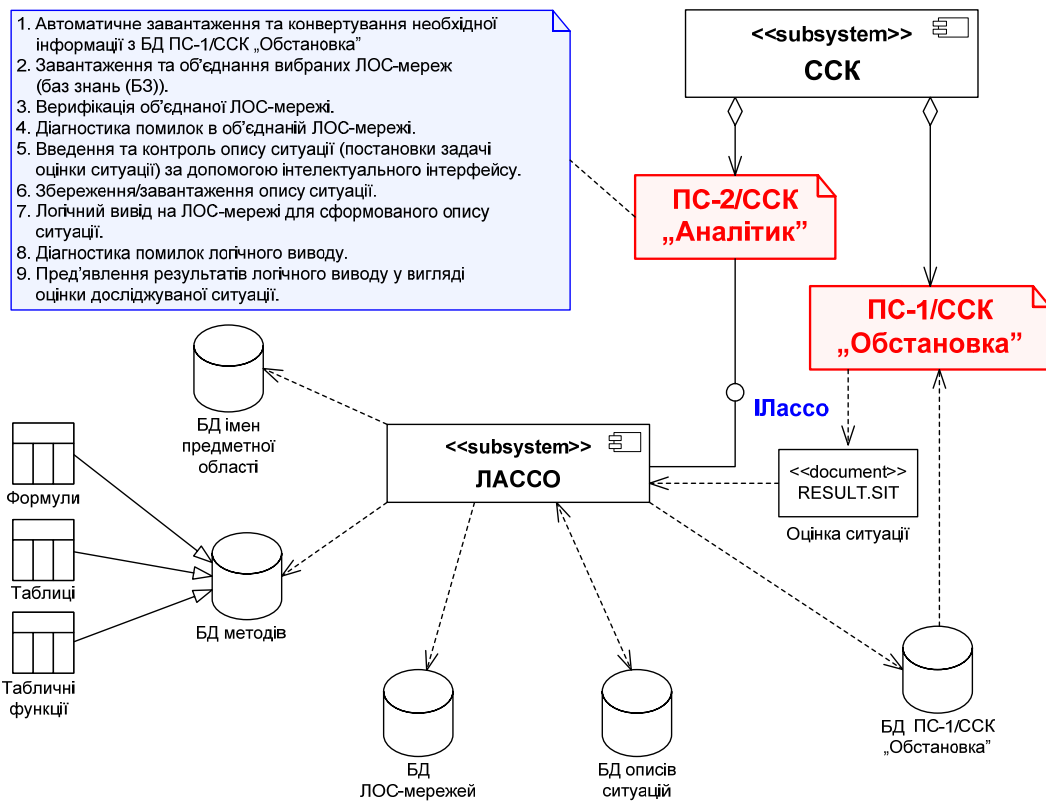


Рис. 4. Архітектура ПС „Аналітик”

та відсутність в ній інших помилок. При цьому здійснюються наступні перевірки:

- правильності побудови ЛОС-мережі у відповідності до її визначення [2, 3];
- відсутності багатозначних та синонімічних імен в ЛОС-мережі;
- відсутності логічних суперечностей, неповноти та надлишковості в знаннях, поданих в ЛОС-мережі;
- коректності подання процедурних знань в ЛОС-мережі.

Методи та алгоритми виконання зазначених перевірок викладено в [3].

Операція „Формування та контроль опису ...” реалізується за допомогою відповідного інтерфейсу (див. рис. 6) і забезпечує інтелектуалізацію формування та контролю опису поточної ситуації. Методи і алгоритми, використовувані при цьому, викладено в [3].

Операція „Логічний вивід ...” забезпечує виконання прямого логічного виводу на об’єднаній ЛОС-мережі на основі опису поточної ситуації. Використовуваний метод прямого виводу викладено в [3].

І, нарешті, операція „Оцінка ситуації” реалізується за допомогою відповідного інтерфейсу (див. рис. 7) та забезпечує відображення результатів логічного виводу – оцінку досліджуваної ситуації.

Як показано на діаграмі діяльності, якщо при виконанні відповідних операцій буде виявлено помилки, то процес оцінки ситуації буде зупинено та видано релевантну діагностику.

Описані функціональні можливості ПС „Аналітик” (див. рис. 4) забезпечуються засобами підсистеми ЛАССО (Логічний Аналіз Станів Спостережуваних Об’єктів).

У процесі свого функціонування ПС ЛАССО (див. рис. 4) використовує різні БД, в наслідок чого основною вимогою до мови реалізації системи стала можливість підтримки реляційних БД її засобами, що і зумовило вибір мови логічного програмування PDC Visual Prolog.

### 3. Функціонування ПС „Аналітик”

Розглянемо приклади використання АРМ „Аналітик” для рішення задач оцінки різних поточних ситуацій, що виникають в

процесі ситуаційного керування охороною зон відповідальності. Для рішення цих задач було створено чотири БЗ (дві з яких розглянуто в [2]), що містять знання щодо оцінки ситуацій КС-1.12.1, КС-1.12.5, КС-2.5.1 та КС-2.5.3 [1].

Функціонування ПС „Аналітик” починається з завантаження БД ПС „Обстановка”, що містить загальну інформацію щодо ситуації, яка підлягає оцінці, та вибору БЗ (див. рис. 5). За допомогою цього діалогового вікна користувач може завантажити одну або декілька БЗ. Зазначимо, що цей діалог з’являється тільки в тому випадку, коли БД ПС „Обстановка” є неповною (тобто не містить необхідної інформації щодо вибору потрібної БЗ).

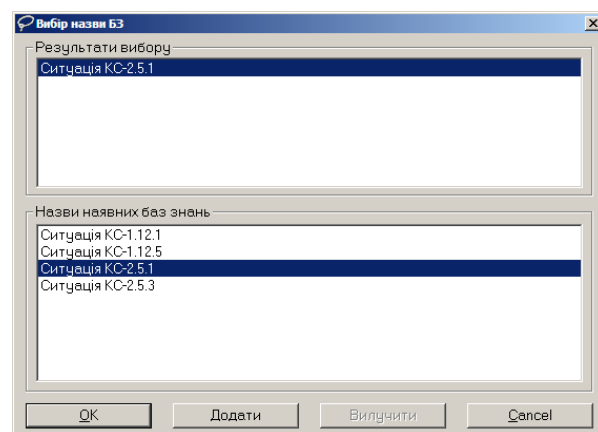


Рис. 5. Вікно завантаження БЗ

Після завантаження БЗ відбувається об’єднання (якщо завантажено декілька БЗ) і статична верифікація БЗ, та конвертування БД ПС „Обстановка”. Якщо при цьому не було діагностовано помилок, процес вважається завершеним успішно і користувачеві пропонується діалог формування опису ситуації (див. рис. 6).

Алгоритм формування опису ситуації забезпечує обробку конвертованої БД ПС „Обстановка”, в результаті якої дані, що описують ситуацію, автоматично додаються до вікна „Результати вибору” (див. рис. 6). Тобто повнота опису ситуації залежить від повноти інформації, що міститься в БД ПС „Обстановка”. У випадку, якщо ця БД є неповною з точки зору опису аналізованої ситуації, користувач може в автоматизованому режимі додати необхідну (або вилучити та змінити раніше введену) інформацію.

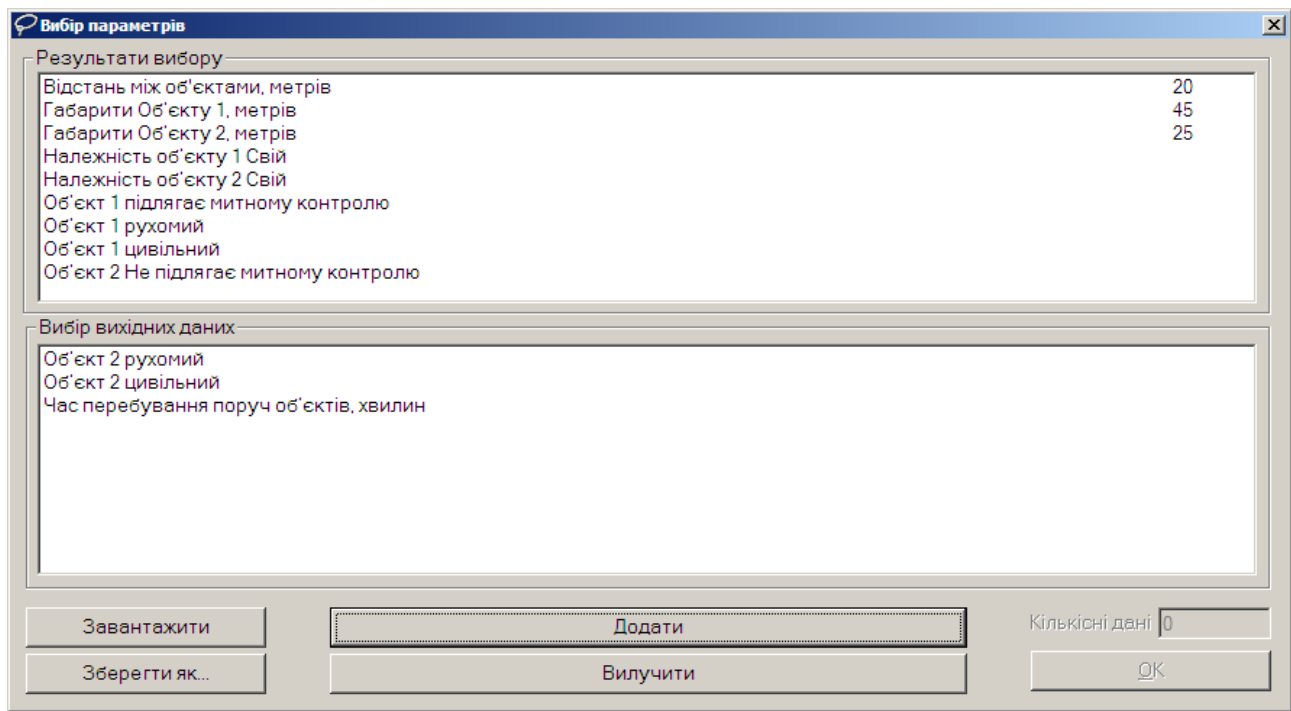


Рис. 6. Вікно формування опису ситуації

Особливістю алгоритму є те, що він повністю забезпечує контроль несуперечливого формування опису ситуації. В результаті завершення формування опису ситуації (коли вікно „Вибір вихідних даних” (див. рис. 6) стане порожнім), активується кнопка „OK”, при натисканні на яку запускається механізм логічного виводу. Якщо в процесі виводу буде виявлено помилки, процес виводу припиняється та виконується їх діагностування. В супротивному випадку користувачу надається вікно оцінки ситуації (див. рис. 7), в якому також подаються рекомендації щодо доцільних дій, пов’язаних з реагуванням на поточну ситуацію. Результати виконаної оцінки ситуації передаються до ПК „Обстановка” за допомогою файлу „result.sit” (див. рис. 4).

В таблицях 4–7 наведено порівняння результатів тестування ситуацій засобами ПК „Аналітик” з результатами, отриманими „вручну” з використанням алгоритмів моделі оцінки ситуації (прикладні алгоритми див. [1, 2]).

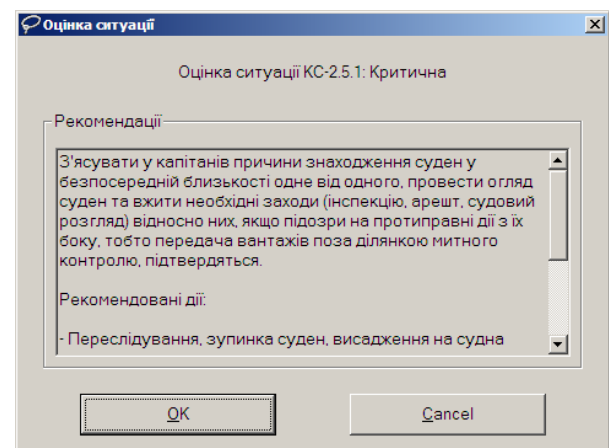


Рис. 7. Вікно оцінки ситуації

Таблиця 4. Тестова таблиця оцінки ситуації КС-1.12.1

№ тесту	Належність судна	Швидкість, вузли	Оцінка ситуації		Крок алгоритму
			ПК „Аналітик”	Алгоритм моделі	
1	своє	0	підвищена увага	підвищена увага	4
2	своє	4	підвищена увага	підвищена увага	4
3	своє	5	звичайна	звичайна	5
4	своє	10	звичайна	звичайна	5
5	чуже	0	критична	критична	7
6	чуже	4	критична	критична	7
7	чуже	5	підвищена увага	підвищена увага	8
8	чуже	10	підвищена увага	підвищена увага	8

Таблиця 5. Тестова таблиця оцінки ситуації КС-1.12.5

№ тесту	Належність судна	Швидкість, вузли	Оцінка ситуації		Крок алгоритму
			ПС „Аналітик”	Алгоритм моделі	
1	своє	0	критична	критична	4
2	своє	3	звичайна	звичайна	5
3	своє	6	звичайна	звичайна	5
4	чуже	0	критична	критична	7
5	чуже	3	підвищена увага	підвищена увага	8
6	чуже	6	підвищена увага	підвищена увага	8

Таблиця 6. Тестова таблиця оцінки ситуації КС-2.5.1

№ тесту	Загальні умови		Параметри судна 1			Параметри судна 2			Оцінка ситуації		Крок алгоритму
	Відстань (каб.)	Час (годин)	Належність	Габарити (м)	Митний контроль	Належність	Габарити (м)	Митний контроль	ПС „Аналітик”	Алгоритм моделі	
1	0	1	своє	60	підлягає	своє	60	підлягає	звичайна	звичайна	9
2	0	1	своє	60	підлягає	своє	30	не підлягає	критична	критична	10
3	0	1	своє	30	не підлягає	своє	60	підлягає	критична	критична	10
4	0	1	своє	30	не підлягає	своє	30	не підлягає	звичайна	звичайна	9
5	0	1	своє	60	підлягає	чуже	60	підлягає	критична	критична	11
6	0	1	своє	60	підлягає	чуже	30	не підлягає	неможлива	неможлива	12
7	0	1	своє	30	не підлягає	чуже	60	підлягає	критична	критична	13
8	0	1	своє	30	не підлягає	чуже	30	не підлягає	неможлива	неможлива	12
9	0	1	чуже	60	підлягає	своє	60	підлягає	звичайна	звичайна	9
10	0	1	чуже	60	підлягає	своє	30	не підлягає	критична	критична	13
11	0	1	чуже	30	не підлягає	своє	60	підлягає	неможлива	неможлива	12
12	0	1	чуже	30	не підлягає	своє	30	підлягає	неможлива	неможлива	12
13	0	1	чуже	60	підлягає	чуже	60	підлягає	звичайна	звичайна	9
13	0	1	чуже	60	підлягає	чуже	30	не підлягає	неможлива	неможлива	12
14	0	1	чуже	30	не підлягає	чуже	60	підлягає	неможлива	неможлива	12
15	0	1	чуже	30	не підлягає	чуже	30	не підлягає	неможлива	неможлива	12
17	1	1	своє	60	підлягає	своє	30	не підлягає	звичайна	звичайна	-
18	0	0	своє	60	підлягає	своє	30	не підлягає	звичайна	звичайна	3

Таблиця 7. Тестова таблиця оцінки ситуації КС-2.5.3

№ тесту	Загальні умови		Параметри судна 1			Параметри судна 2			Оцінка ситуації		Крок алгоритму
	Відстань (каб.)	Час (годин)	Належність	Габарити (м)	Митний контроль	Належність	Габарити (м)	Митний контроль	ПС „Аналітик”	Алгоритм моделі	
1	0	1	своє	60	підлягає	своє	60	за межами	критична	критична	9
2	0	1	своє	30	не підлягає	своє	60	за межами	критична	критична	9
3	0	1	своє	60	підлягає	чуже	60	за межами	неможлива	неможлива	10
4	0	1	своє	30	не підлягає	чуже	60	за межами	неможлива	неможлива	10
5	0	1	чуже	60	підлягає	своє	60	за межами	критична	критична	11
6	0	1	чуже	30	не підлягає	своє	60	за межами	неможлива	неможлива	12
7	0	1	чуже	60	підлягає	чуже	60	за межами	неможлива	неможлива	10
8	0	1	чуже	30	не підлягає	чуже	60	за межами	неможлива	неможлива	10
9	1	1	своє	60	підлягає	своє	60	за межами	звичайна	звичайна	-
10	0	0	своє	60	підлягає	своє	60	за межами	звичайна	звичайна	3

Зазначимо, що в таблицях параметри, які входять до опису ситуації, але не впливають на результати її оцінки, умовно не показані.

Аналіз таблиць наочно підтверджує, що результати тестування повністю збігаються з результатами „ручних” розрахунків.

### **Висновки**

Система ситуаційного керування охороною зон відповідальності за рахунок

впровадження в її складі інтелектуальних засобів аналізу та оцінки поточних ситуацій спроможна значно підвищити рівень організаційно-управлінських рішень, що приймаються за її допомогою.

Одним з компонентів її архітектури, призначення якого і полягає у вирішенні саме такого класу задач, є ПС „Аналітик”. В роботі [1] наведено множину вимог, яким повинна задовольняти дана підсистема ССК. У даній статті детально розгля-



нито питання щодо архітектури та функціональних можливостей ПС „Аналітик” і показано, що дана підсистема задовольняє всім пред’явленим до неї вимогам. Наявна функціональність ПС „Аналітик” досягається засобами ПС ЛАССО, створення якої ґрунтувалося на методах і моделях подання та обробки знань.

У роботі [2] розглянуто питання подання знань щодо оцінки ситуацій. В даній статті доведено адекватність процесів обробки поданих знань, що підтверджується експериментально, завдяки збіганням результатів автоматизованої та „ручної” оцінок ситуацій.

1. *Алексєєв В.А., Мостовий В.В., Терещенко В.С., Яловець А.Л.* Проблема автоматизації ситуаційного керування охороною зон відповідальності // Проблеми програмування. – 2011. – № 4. – С. 96 – 107.
2. *Алексєєв В.А., Терещенко В.С., Яловець А.Л.* Особливості подання знань про оцінку ситуацій в процесі ситуаційного керування охороною зон відповідальності // Проблеми програмування. – 2012. – № 1. – С. 82 – 90.
3. *Яловець А.Л.* Представление и обработка знаний с точки зрения математического моделирования. Проблемы и решения. – К.: Наукова думка, 2011. – 360 с.

Одержано 10.10.2011

### **Про авторів:**

*Алексєєв Віктор Анатолійович,*  
кандидат технічних наук,  
завідуючий відділом,

*Мостовий Валентин Васильович,*  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник,

*Терещенко Валерій Савелійович,*  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник,

*Яловець Андрій Леонідович,*  
доктор технічних наук,  
заступник директора інституту.

### **Місце роботи авторів:**

Інститут програмних систем  
НАН України,  
03187, Київ-187,  
проспект Академіка Глушкова, 40.

Тел. (044) 526 4228,  
e-mail: [alecseev@isofts.kiev.ua](mailto:alecseev@isofts.kiev.ua)

Тел. (044) 526 6191,  
e-mail: [most@d19.isofts.kiev.ua](mailto:most@d19.isofts.kiev.ua)  
e-mail: [terek@isofts.kiev.ua](mailto:terek@isofts.kiev.ua)

Тел. (044) 526 1538,  
e-mail: [yal@isofts.kiev.ua](mailto:yal@isofts.kiev.ua)