

КОМПЛЕКСНА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕДУР СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ АКТИВНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Abstract: In the paper there are considered features of intellectual support of management procedures of active objects from a position of technology of situation management and there is also given the analysis of the place of Systems of Support of Making Decisions, which dominate in the market of software at their use in systems of control by active objects.

Key words: situation, object, management, the decision, system, artificial intelligence.

Аноатація: У статті розглядаються особливості інтелектуальної підтримки процедур управління активними об'єктами з позиції технології ситуаційного управління і дається аналіз місця готових СППР, що домінують на ринку програмних продуктів, при їх застосуванні в системах управління активними об'єктами.

Ключові слова: ситуація, об'єкт, управління, рішення, система, штучний інтелект.

Аннотация: В статье рассматриваются особенности интеллектуальной поддержки процедур управления активными объектами с позиции технологии ситуационного управления и дается анализ места готовых СППР, которые доминируют на рынке программных продуктов, при их использовании в системах управления активными объектами.

Ключевые слова: ситуация, объект, управление, решение, система, искусственный интеллект.

1. Вступ

Необхідність комплексного поєднання усіх аспектів управлінської діяльності органів управління та адекватного застосування керівних дій відповідно до ситуації, що склалася, передбачає оснащення системи управління сучасними технологіями онлайн-аналізу даних моніторингу та розв'язання аналітичних і прогнозних задач. Сьогодні керівники органів управління відчують потребу в значному підвищенні ефективності управлінської діяльності, тому вони намагаються замовляти розробку сучасних засобів інтелектуальної підтримки рішень. Ринок готових програмних продуктів дає вибір виробів, що мають назву "Системи підтримки прийняття рішень" (СППР) [1–5], які супроводжуються низкою публікацій про їх ефективність. Але практика застосування таких продуктів у класі систем управління активними об'єктами¹ (АО) не дає очікуваного підвищення ефективності. Причиною цього є відсутність системного погляду на природу управління активними об'єктами та розуміння ролі і місця вищезгаданих програмних продуктів для їх пристосування в СППР АО. Лише глибоке усвідомлення природи технології ситуаційного² управління дає ключ до розуміння ролі й місця готових реалізацій в інтелектуальній підтримці процедур управління. Безсистемне застосування готових "комплексних" СППР не сприяє суттєвому підвищенню ефективності системи управління АО. Тільки через системну технологічну та інформаційну інтеграцію можна досягти значного підвищення ефективності управління.

2. Аналіз технології ситуаційного управління

Історично поняття ситуаційного управління застосовувалось до тих аспектів управління, які були пов'язані здебільшого із розв'язанням питань виходу об'єктів з кризи, що вже сталася, тобто з

¹ Об'єкти, в яких штатний персонал є невід'ємною складовою технологій їх управління, називають активними об'єктами.

² Технологію управління, де процедури управління визначаються від ситуації, що склалася на об'єкті управління, називають "ситуаційним управлінням".

ліквідацією наслідків надзвичайної події (НП). Технології підтримки прийняття рішень у таких ситуаціях спиралися на експертні системи, системи прийняття колективних рішень та будувались переважно на апараті нечітких множин [6]. Пошук рішень тривав також на шляху визначення найкращих асоціативних рішень з бази знань про ситуації, що вже минули [7].

За межами системних досліджень питань ситуаційного управління лишаються технології управління об'єктами в штатних ситуаціях [8], коли рішення персоналу зосереджуються на виконанні завдань штатного регламенту функціонування і одночасно на недопущенні порушень, що призведуть до неможливості функціонування за призначенням. Критичним для системи управління є і сам період, коли виникає криза і треба переходити від технологій попередження кризи до технологій ліквідації наслідків кризи.

Перешкодою на шляху усвідомлення персоналом докорінної зміни характеру керівної діяльності в момент кризи є назва об'єкта, яка залишається такою ж самою, поки об'єкт не буде ліквідовано юридично. Цей інформаційний фантом психологічно заважає усвідомленню, що внаслідок кризи об'єкт вже не здатний функціонувати за призначенням і є лише залишками ресурсів, які потребують ліквідації, евакуації або реорганізації в новий об'єкт. В більшості діючих систем управління немає технології визначення ситуації і визначення межі, коли об'єкт управління докорінно змінює свою природу. Такі інструменти є лише в комплексі технологій ситуаційного управління. Інформаційна модель активного об'єкта в СППР повинна усувати можливі неоднозначності сприйняття факторів ситуації [9].

Головним аспектом інтелектуальної підтримки особи, що приймає рішення (ОПР), при визначенні технології, яку треба застосовувати в системі управління в даній конкретній ситуації, є вирішення наступного питання: "чи є об'єкт, що я ним керую, саме тим об'єктом, який відповідає проектним вимогам до нього, чи він складає лише певні залишки ресурсів, які не спроможні функціонувати за призначенням?"

Кризові ситуації потребують від ОПР прийняття рішень щодо стратегії виходу з кризи та проектування тимчасового об'єкта для її реалізації. В класі активних об'єктів, де весь персонал об'єкта наділений повноваженнями приймати рішення за посадою, частіше використовується персональна відповідальність за збереження штатної ситуації і недопущення надзвичайних подій, існує нагальна потреба більш детального дослідження саме питань визначення ситуації в реальному часі та підтримки засобами штучного інтелекту етапу переходу від штатного управління до кризового управління.

Ситуаційне управління для активних об'єктів складає цілий комплекс технологій, які мають свої особливості при застосуванні їх для попередження НП та для ліквідації їх наслідків (рис. 1). Створення умов для розуміння персоналом АО поточних особливостей їх управлінської діяльності за конкретною ситуацією є головним завданням СППР.

З погляду на необхідність управління об'єктом в будь-якій ситуації, технологія ситуаційного управління не повинна відокремлюватись від штатної системи управління, а повинна створювати цілісну систему, яка підтримує органи управління в питаннях упередження кризи в штатних ситуаціях, в питаннях переходу від штатного до кризового управління і в кризовому управлінні тощо. Найбільш важливим питанням, що потребує підтримки засобами штучного інтелекту в системі

управління АО, є доповнення технології штатного управління системою онлайнного аналізу стану ситуації на об'єкті. Чітке визначення моменту початку надзвичайної ситуації на об'єкті дає підтримку ОПР у питаннях своєчасного переходу від технології штатного до технології кризового управління і є нагальною потребою уникнути надзвичайної події. Адже між наслідками порушень, що призводять до НП, і їх причиною є певний термін часу, яким ще можна скористатись для попередження НП або зменшення масштабу її наслідків.

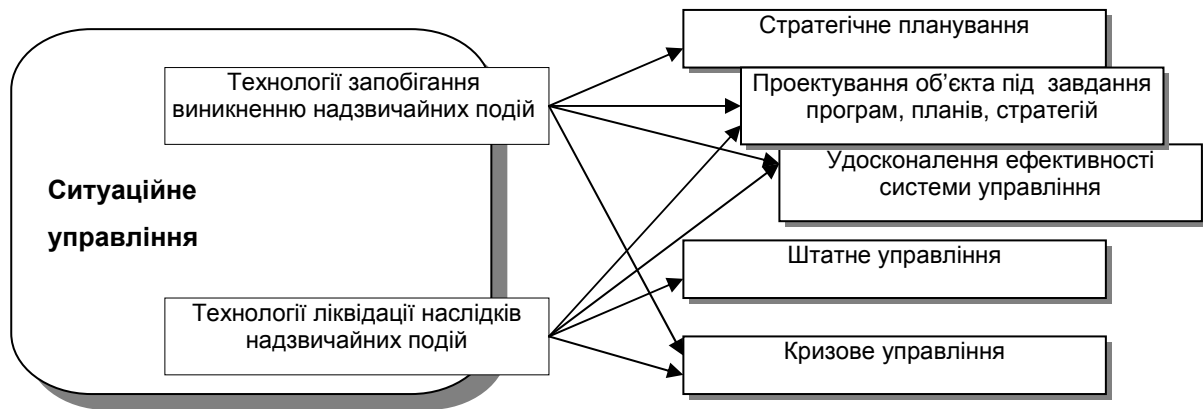


Рис. 1. Ситуаційне управління як комплекс технологій управління

3. Ситуаційне управління на основі ймовірнісної моделі розвитку ситуації

Прогнозування виникнення надзвичайних подій можливе на основі аналізу ймовірнісної моделі розвитку надзвичайної ситуації на виділеному абстрактному об'єкті. Розглянемо найпростішу ймовірнісну модель розвитку надзвичайної ситуації на абстрактному об'єкті з метою одержання прогнозової оцінки ймовірності виникнення надзвичайної події на ньому.

Під об'єктом ми будемо розуміти виділену з зовнішнього середовища по визначених правилах цілісну структуру, яка забезпечує здійснення певних функцій, що цікавлять дослідника.

Під надзвичайною подією будемо розуміти реалізацію негативного розвитку надзвичайної ситуації.

Регламентом функціонування об'єкта (РФО) назвемо технологію (послідовність дій) функціонування об'єкта за призначенням.

Початком розвитку надзвичайної ситуації можна вважати деяке порушення РФО, що може бути викликане різноманітними причинами як внутрішнього, так і зовнішнього характеру. Не варто конкретизувати самі порушення, бо нас цікавить самий факт наявності порушення РФО, тому що проектний регламент функціонування не спрямовується на отримання негативного розвитку подій на об'єкті. Надзвичайна подія є наслідком саме недотримання проектної технології. Варіант наявності похибки у проектній технології в цьому дослідженні виключається, тому що природа похибки при проектуванні об'єкта надалі несе в собі характер закономірного впливу, а не ймовірнісного характеру.

Нехай порушення РФО сталося в деякий момент часу T_0 . Позначимо це порушення порядковим номером один – порушення РФО № 1. Це порушення може призвести відразу до надзвичайної події або може бути ліквідованим без яких-небудь наслідків, і об'єкт повернеться до

штатного стану – штатної ситуації. Нарешті, перше порушення може призвести до наступного порушення РФО. Назвемо його порушенням РФО № 2, що може статися в момент $T_1 > T_0$.

Конкретне визначення моменту часу T_1 не має значення. Важливий сам факт порушення РФО №2, викликаний порушенням РФО №1, тобто наявність причинно-наслідкового зв'язку між цими двома подіями. Порушення РФО №2, у свою чергу, теж може бути або нормалізовано, або призвести до наступного порушення РФО №3, або до НП. Цей ланцюжок міркувань можна продовжити так, як показано на рис. 2.

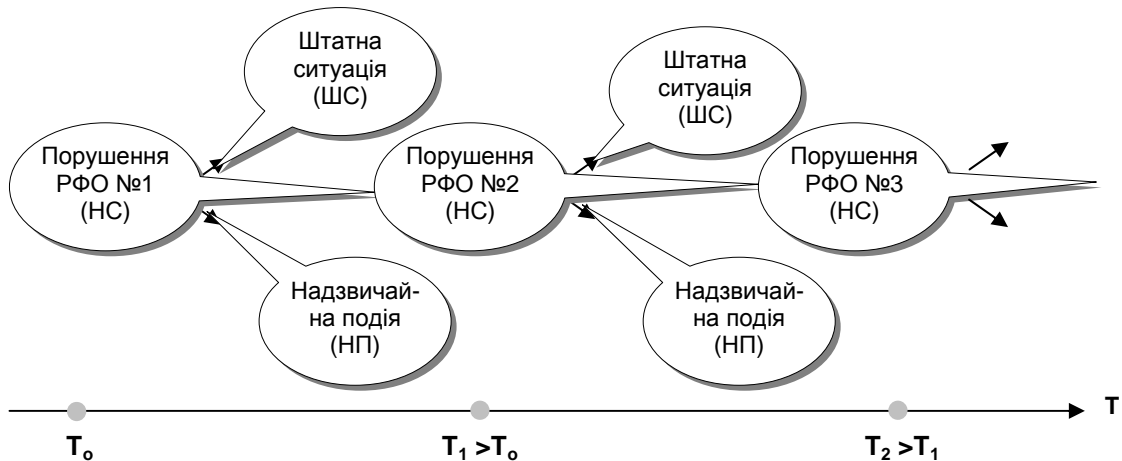


Рис. 2. Ланцюжок порушень РФО

Очевидно, що ланцюжок порушень РФО не може продовжуватися безмежно і може бути або усуненим і об'єкт повернеться до штатної ситуації, або привести до надзвичайної події. З цих міркувань очевидно, що важливим для попередження НП є момент виявлення порушень в регламенті функціонування об'єкта. Наприклад, можуть бути й порушення, що пов'язані з технологією підготовки літака до виконання завдань, або допущення відхилень у параметрах готовності ракети до її застосування, або порушення в технології зберігання набоїв. Для системи управління військовими формуваннями детально розроблено весь комплекс технологій щодо управління ресурсами і процесами функціонування, але немає технології ситуаційного управління в керівних документах. А ще важливіше те, що технологія моніторингу стану об'єктів функціонує на викривленій інформації.

Викривлення інформації йде за рахунок суб'єктивних й об'єктивних причин. Суб'єктивними причинами є намагання маніпулювати інформацією підлеглими з корисних міркувань або з метою впливу на рішення керівництва. Об'єктивними причинами є недосконалість інформаційної моделі самої системи управління. Інформаційна модель системи управління, що повторює структурну ієрархію активних об'єктів, є на сьогодні недосконалою і є тим середовищем, що сприяє суб'єктивному викривленню інформації в системі управління АО.

Технологія ситуаційного управління, що застосовує сучасну інформаційну модель "незалежного управління" [9], створює умови, які практично виключають можливість суб'єктивного маніпулювання інформацією і змінюють інформаційну залежність керівника від підлеглих на залежність підлеглих від реальності інформації, яку вони подають, та від адекватності аналізу ними

ситуації. Неможливість маніпулювання інформацією, а також реальність даних у масштабі часу, руйнують саму основу присутності неадекватної інформації в системі управління.

У даному дослідженні нас окремо цікавить негативний варіант розвитку надзвичайної ситуації. Природно він характеризується ймовірністю НП, що можна позначити через $P_{\text{НП}}$. Умовну ймовірність виникнення НП, викликану першим з череди порушень РФО, позначимо через $P_{\text{НП},\text{№}1}$.

Початковий момент розвитку надзвичайної ситуації (НС) в нашій моделі збігається з деяким абстрактним порушенням регламенту функціонування об'єкта, що ми позначили РФО №1. До виникнення такого порушення можна казати тільки про ймовірність виникнення порушення, що позначимо через P . Як тільки порушення зафіксоване в деякий момент часу T_0 , ми повинні розуміти це, як момент початку розвитку надзвичайної ситуації на об'єкті. При цьому величина P стає рівній одиниці:

$$P = 1 \text{ при } T = T_0 - \text{факт початку розвитку НС.} \quad (1)$$

Якщо у деякий довільний момент часу $T = T_0$ у нас здійснилася умова (1) – почався розвиток надзвичайної ситуації. Ситуація може завершитися одним із трьох варіантів, розглянутих на рис. 2. При цьому ймовірність НП на об'єкті після здійснення порушення РФО № 1 буде дорівнювати

$$P_{\text{НП}} = G_{\text{НП},\text{№}1}, \quad (2)$$

де $G_{\text{НП},\text{№}1}$ – умовна ймовірність виникнення НП на об'єкті за умов, що відбулася подія – деяке порушення РФО №1. Рівняння (2) описує найбільш негативний варіант розвитку надзвичайної ситуації з моменту порушення РФО. У випадку, коли подія РФО №1 не наступила, ми умовно можемо говорити лише про прогноз ймовірності виникнення НП на об'єкті:

$$P_{\text{НПпрогноз}} = G_{\text{НП},\text{№}1} \times P. \quad (3)$$

При здійсненні умови (1) рівність (3) переходить у (2). Введемо такі позначення:

$P_{\text{ШС},\text{№}1}$ – ймовірність нормалізації ситуації на об'єкті після порушення РФО №1;

$P_{\text{№}2,\text{№}1}$ – ймовірність виникнення порушення РФО №2, якщо виникло порушення РФО № 1.

Виходячи з можливостей розвитку ситуації після виконання умови (1), можна записати:

$$P_{\text{НП}} + P_{\text{ШС},\text{№}1} + P_{\text{№}2,\text{№}1} = 1, \quad (4)$$

або з урахуванням (2) більш конкретно:

$$G_{\text{НП},\text{№}1} + P_{\text{ШС},\text{№}1} + P_{\text{№}2,\text{№}1} = 1. \quad (5)$$

(4), (5) – умови нормування, що свідчать, що після здійснення умови (1) одна з трьох розглянутих вище можливостей розвитку надзвичайної ситуації обов'язково реалізується. З (4) можна відразу визначити ймовірність виникнення НП на об'єкті при деякому довільному порушенні РФО, який ми позначили № 1:

$$P_{\text{НП}} = 1 - (P_{\text{ШС},\text{№}1} + P_{\text{№}2,\text{№}1}). \quad (6)$$

Примноживши (6) на P у випадку, коли умову (1) не виконано, ми одержимо з урахуванням (2) і (3) прогноз ймовірності виникнення НП на об'єкті за умови, якщо порушень режимів функціонування на ньому на даний момент не виявлено:

$$P_{\text{НПпрогноз}} = P - (P_{\text{ШС},\text{№1}} + P_{\text{№2},\text{№1}}) \times P. \quad (7)$$

Припустимо далі, що в нас реалізувалося порушення РФО №2, тобто виконався ланцюжок порушень від РФО № 1 до РФО №2. Після нового порушення, що сталося в деякий момент $T_1 > T_0$, у ситуації на об'єкті є знову три шляхи розвитку:

- 1) нормалізація ситуації на об'єкті після порушення РФО №2 (її ймовірність – $P_{\text{ШС},\text{№2}}$);
- 2) скоєння наступного порушення РФО №3, що викликане наявністю порушення РФО №2 (його ймовірність – $P_{\text{№3},\text{№2}}$);

3) реалізація надзвичайної події, що викликана порушенням РФО№2, а точніше – ланцюжком порушень від РФО №1 до РФО №2 (її умовна ймовірність – $G_{\text{НП},\text{№2}}$). Тому що після події, що пов'язана з порушенням РФО №2, один із перерахованих вище шляхів розвитку надзвичайної ситуації на об'єкті обов'язково реалізується, тоді аналогічно (5) можна записати:

$$G_{\text{НП},\text{№2}} + P_{\text{ШС},\text{№2}} + P_{\text{№3},\text{№2}} = 1, \text{ якщо } P_{\text{№2},\text{№1}} = 1. \quad (8)$$

У випадку, коли умовна ймовірність $P_{\text{№2},\text{№1}}$ відмінна від одиниці, то рівняння розвитку надзвичайної ситуації (8) можна записати у вигляді

$$G_{\text{НП},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} + P_{\text{ШС},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} + P_{\text{№3},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} = P_{\text{№2},\text{№1}}. \quad (9)$$

Рівняння (9) описує можливий шлях розвитку ситуації на об'єкті за умови, що порушення РФО №2 ще не наступило й описується деякою ймовірністю його скоєння, що відмінна від одиниці $P_{\text{№2},\text{№1}}$. Підставимо тепер (9) у (6) з урахуванням того, що в рівнянні (6) $P_{\text{НП}}$ представлялася у значенні (2):

$$G_{\text{НП},\text{№1}} = 1 - (P_{\text{ШС},\text{№1}} + G_{\text{НП},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} + P_{\text{ШС},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} + P_{\text{№3},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}}). \quad (10)$$

Перепишемо (10) у вигляді

$$G_{\text{НП},\text{№1}} + G_{\text{НП},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} = 1 - ([P_{\text{ШС},\text{№1}} + P_{\text{ШС},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}}] + P_{\text{№3},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}}). \quad (11)$$

Видно, що у квадратних дужках зібрані ймовірності тих шляхів розвитку, що призводять до нормалізації ситуації на об'єкті (до штатної ситуації). Як було зазначено вище, ланцюжок порушень РФО не може продовжуватися нескінченно. Надзвичайна ситуація на об'єкті обов'язково повинна завершитися або нормалізацією ситуації до штатної, або надзвичайною подією. Можливо, це станеться після деякого порушення РФО №K. Тоді остаточно за аналогією з (11) можна записати:

$$\begin{aligned} & G_{\text{НП},\text{№1}} + G_{\text{НП},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} + \dots + G_{\text{НП},\text{№K}} \times P_{\text{№K},\text{№K-1}} \dots P_{\text{№3},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} = \\ & = 1 - [P_{\text{ШС},\text{№1}} + P_{\text{ШС},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}} + \dots + P_{\text{ШС},\text{№K}} \times P_{\text{№K},\text{№K-1}} \dots P_{\text{№3},\text{№2}} \times P_{\text{№2},\text{№1}}]. \end{aligned} \quad (12)$$

У правій частині рівняння (12) в дужках зібрані ймовірності тих шляхів розвитку, що призводять до нормалізації ситуації на об'єкті. Позначимо їх, як деяку ймовірність нормалізації, – $P_{\text{ШС}}$. У лівій частині в нас зібрані ймовірності тих шляхів розвитку, що призводять до НП – $P_{\text{НП}}$.

Їхнє підсумовування дає спільну ймовірність НП на об'єкті з урахуванням послідовності порушень РФО. У стислому записі (12) можна переписати у вигляді

$$P_{НП} = G_{НП, №1} \cdot \sum_{i=2}^K \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_{№(j+1), №j} \right) \cdot G_{НП, №i} = 1 - \left[\sum_{i=2}^K \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_{№(j+1), №j} \right) \cdot P_{ШС, №i} + P_{ШС, №1} \right]. \quad (13)$$

Прогнозне значення (13) можна одержати аналогічно (7), примноживши (13) на ймовірність виникнення порушення РФО.

$$P_{НП}^{прогноз} = G_{НП, №1} \cdot P + \sum_{i=2}^K \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_{№(j+1), №j} \right) \cdot G_{НП, №i} \cdot P = P - \left[\sum_{i=2}^K \left(\prod_{j=1}^{i-1} P_{№(j+1), №j} \right) \cdot P_{ШС, №i} + P_{ШС, №1} \right] \cdot P. \quad (14)$$

Припустимо тепер, що нам відомі усі види порушення РФО, які можуть призвести до НП. Реально на об'єктах існує досить багато інструкцій з правил безпеки щодо користування матеріальними ресурсами і правил безпечного виконання проектних технологій функціонування. Тоді ймовірність виникнення порушення РФО – P буде являти собою матрицю ймовірностей виникнення порушень РФО по кожному конкретному виду порушень:

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix}, \text{ де } j = \{1, 2, \dots, n\}, \quad (15)$$

де n – число видів порушень РФО, що можуть призвести до НП. Елементи матриці (15) незалежні в тому розумінні, що будь-який із них може змінюватися в межах від 0 до 1, тобто

$$0 \leq P \leq 1, \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (16)$$

Нехай кількість усіляких видів НП, до яких можуть призвести ці порушення РФО, дорівнює m . Розглянемо тепер трактування складового рівняння (14) з урахуванням того, що вже сказано. У лівій частині (14) тепер $P_{НП}$ потрібно розглядати як прогноз НП на об'єкті внаслідок конкретних видів порушень РФО, тобто

$$P = \begin{bmatrix} P_{НП1}^{прогноз} \\ P_{НП2}^{прогноз} \\ \dots \\ P_{НПm}^{прогноз} \end{bmatrix}, \quad (17)$$

де, наприклад, $P_{НПm}^{прогноз}$ – прогноз ймовірності m -го виду НП згідно з діючою класифікацією НП для даного типу об'єктів. Такі класифікатори існують як загальнодержавного значення, так і суто відомчого характеру.

Умовну ймовірність виникнення НП на об'єкті внаслідок першого з перелічених порушень РФО можна тепер представити у вигляді

$$G_{\text{НП}, \text{№} 1} = \begin{bmatrix} G_{\text{НП} 1,1}^1 & G_{\text{НП} 1,2}^1 & \cdots & G_{\text{НП} 1,n}^1 \\ G_{\text{НП} 2,1}^1 & G_{\text{НП} 2,2}^1 & \cdots & G_{\text{НП} 2,n}^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{\text{НП} m,1}^1 & G_{\text{НП} m,2}^1 & \cdots & G_{\text{НП} m,n}^1 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

де, наприклад, $G_{\text{НП} m/n}$ – ймовірність виникнення m -го НП внаслідок n -го порушення РФО. Верхній індекс "1" позначає перше по рахунку порушення РФО, що виникло.

Прогноз ймовірностей виникнення кожного з видів НП (17) внаслідок перших за рахунком порушень РФО, з урахуванням (18), дорівнює

$$\begin{bmatrix} P_{\text{НП} 1}^{\text{прогноз}} \\ P_{\text{НП} 2}^{\text{прогноз}} \\ \vdots \\ P_{\text{НП} m}^{\text{прогноз}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{\text{НП} 1,1}^1 & G_{\text{НП} 1,2}^1 & \cdots & G_{\text{НП} 1,n}^1 \\ G_{\text{НП} 2,1}^1 & G_{\text{НП} 2,2}^1 & \cdots & G_{\text{НП} 2,n}^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{\text{НП} m,1}^1 & G_{\text{НП} m,2}^1 & \cdots & G_{\text{НП} m,n}^1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{m}. \quad (19)$$

У випадку ланцюжка порушень РФО (рис. 2) необхідно враховувати умовні ймовірності порушень РФО ланок цього ланцюжка. Тоді умовну ймовірність $P_{\text{№} 2, \text{№} 1}$ у (4) і подальших математичних виражень варто замінити з урахуванням (15) на $n \times n$ матрицю умовних ймовірностей виду

$$P_{\text{№} 2, \text{№} 1} = \begin{bmatrix} P_{1,1}'' & P_{1,2}'' & \cdots & P_{1,n}'' \\ P_{2,1}'' & P_{2,2}'' & \cdots & P_{2,n}'' \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n,1}'' & P_{n,2}'' & \cdots & P_{n,n}'' \end{bmatrix}, \quad (20)$$

де $P_{i,j}''$ – умовна ймовірність i -го виду порушення РФО після відповідного j -го виду порушення.

Індекс (") свідчить про те, що i -е порушення РФО є наступним по рахуванні після початку розвитку надзвичайної ситуації на об'єкті.

У випадку ланцюжка з двох порушень РФО, крокуючи позначеннями (15), (17), (18) і (20), одержимо наступне рівняння для прогнозу ймовірностей НП на об'єкті:

$$P_{\text{НП}}^{\text{прогноз}} = \left(G_{\text{НП}, \text{№} 1} + G_{\text{НП}, \text{№} 2} \cdot P_{\text{№} 2, \text{№} 1} \right) \cdot P \cdot \frac{1}{m}. \quad (21)$$

Узагальнюючи (21) на випадок ланцюжка з k порушень РФО, одержимо матричний аналог формули (14). Це дозволяє дослідити розвиток надзвичайної ситуації в залежності від конкретного

виду або видів порушень РФО. Тим самим, можна виділити ті з порушень, розвиток яких найбільше часто призводить до надзвичайних подій для даного конкретного об'єкта.

Резюмуючи сказане, можна побачити, що розв'язанням задачі прогнозу ймовірності виникнення НП на об'єкті по конкретних видах НП є узагальнена матрична математична модель виду (21). Розв'язанням же задачі визначення ймовірності виникнення НП при початку розвитку надзвичайної ситуації по конкретних видах порушення РФО є матрична математична модель виду (21) з одиницями у відповідних рядках (15). Як приклад розглянемо наступну ситуацію. Нехай у деякий момент часу T_0 на об'єкті виявлені деякі види порушень РФО №1, №3, №4 за класифікатором видів НП. Нас цікавить, якою є ймовірність виникнення НП на об'єкті внаслідок цих трьох конкретних видів порушень, тобто як результат даного початку розвитку надзвичайної ситуації. У даному конкретному випадку матрицю початкового стану об'єкта (15) можна навести у вигляді:

$$P = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (22)$$

Підставивши цю матрицю в рівняння виду (21) і знаючи вигляд матриць умовних переходів $G_{\text{НП}, \text{№}j}$ і $P_{\text{№}i, \text{№}j}$, ми одержимо ймовірності виникнення НП по видах порушень внаслідок конкретних скоєних порушень РФО. Як результат, можемо знайти деяку усереднену ймовірність НП на об'єкті внаслідок даного початку розвитку надзвичайної ситуації на ньому:

$$P_{\text{НП}} = \sum_{i=1}^m P_{\text{НП}i}. \quad (23)$$

Індекс прогнозу в лівій частині рівності можна не брати до уваги, тому що ймовірності порушень РФО, які відмінні від одиниці (немає факту порушення РФО), прийнято рівними нулю.

Слабкими місцями програмної реалізації ймовірнісної моделі розвитку надзвичайної ситуації на початковому етапі застосування її в СППР є неповнота даних статистичних досліджень НС для багатьох об'єктів, «неврівноваженість» моделі (неможливість урахування сучасною технологією моніторингу тих порушень РФО і розвитку надзвичайної ситуації, що не призвели до НП), а також – відсутність науково обгрунтованих класифікаторів видів НП і їх відповідності порушенням РФО для багатьох груп однотипних об'єктів. Але ці недоліки відступають у разі відмови від інформаційної моделі, що повторює ієрархію підпорядкованості військових об'єктів при управлінні даними моніторингу, і застосування технологій управління даними, що властиві ситуаційному управлінню [9].

4. Структура інформаційної підтримки процедур управління активним об'єктом

Інформаційна підтримка персоналу АО для здійснення ним функцій управління повинна базуватися на процесі послідовної трансформації даних моніторингу об'єкта в інформацію різних рівнів агрегації та різних ступенів інтелектуальної обробки. Сама інформаційна підтримка є процесом своєчасного надання інформації в вигляді, який адекватно сприймається всім персоналом АО.

Концепція інформаційної підтримки має свою історію еволюції поглядів на її зміст. На перших етапах застосування ЕОМ в системах управління технологічними процесами (АСУ ТП) намагалися пристосувати нові можливості ЕОМ до існуючої моделі інформаційних течій, яка відбивала б структурну ієрархію об'єкта. Основу інформаційної підтримки на той час і навіть в багатьох сучасних реалізаціях СППР [1–5] складає технологія накопичення та збереження даних моніторингу. На їх основі формувалися автоматизовані звітні документи.

Зростання накопичених об'ємів даних, розвинення мережевих технологій у системах управління АО змусило поступово доповнювати процес інформаційної підтримки:

- технологіями швидкого розподіленого доступу до даних;
- технологіями оптимізації рішень або інтерактивної імітації їх наслідків, що заснованих на математичних чи евристичних моделях;
- технологіями пошуку та накопичення асоціативних рішень для їх використання в поточному процесі управління;
- технологіями використання знань експертів у предметній галузі;
- технологіями когнітивної графіки для представлення інформації в адекватній для сприйняття формі.

Найбільш розповсюдженим сучасним поглядом на СППР є такий, що відокремлює її від проектної технології управління об'єктом [10], а не як такий, що гармонійно поєднує функції загальної системи управління об'єктом на засадах ситуаційного управління. Головним, що робить СППР комплексною, є те, що вона повинна адаптувати процедури всіх різновидів керівної діяльності до процесу мислення персоналу, спрямовуючи діяльність персоналу в русло поточної процедури управління та поточної ситуації, створюючи інтерфейсні обмеження щодо хибних дій та хибних рішень; вона виконує функцію системного інтегратора дій персоналу АО, своєчасно забезпечуючи його необхідною інформацією, яка адекватно сприймається на всіх рівнях структурної ієрархії.

Зростання технічних можливостей комп'ютерних систем та кількості програмних реалізацій різних методів інтелектуальної підтримки в процесі еволюції концепції СППР наштовхнулося на бар'єр недостатнього зростання ефективності управління від їх застосування. Керівництво об'єктів, як замовник СППР, намагалося отримати значні дивіденди від інвестицій у системи інтелектуальної підтримки рішень. Вони очікували від СППР нових знань, яких їм бракувало за досвідом та які були потрібні для отримання перемоги в жорсткій конкурентній боротьбі.

На заваді подальшого росту ефективності систем управління стали такі фактори:

- ускладнення моделюючих комплексів вимагало утримувати у складі персоналу системи управління фахівців високого рівня кваліфікації, що здатні проводити наукові дослідження та кваліфіковано підтримувати моделі в адекватному стані. Почався процес перетягування наукових кадрів з наукових установ до банківських установ та до вищих державних органів управління. Для об'єктів, що не мали змоги утримувати науковців у складі персоналу, ефективне застосування моделей було, в більшості випадків, елементами престижу. Цей же фактор призвів до намагання керівництва АО завернути "до себе" масиви даних, які їм не належали (гідро-, метеоінформація, державна статистична інформація і т.п.);

– новий клас інформації, що було отримано від впровадження технологій моделювання та експертного аналізу, давав підстави для рішень про удосконалення функціонування об'єкта, але не давав відповідей на шляхи адаптації системи управління об'єктом до цих удосконалень. Для прийняття системних рішень з удосконалення системи управління АО було потрібно проводити наукові дослідження. Але за браком коштів та з інших міркувань такі дослідження не проводились, а рішення приймалися на основі рекомендацій ініціативних фахівців органів управління, що призводило в багатьох випадках до безсистемного застосування готових промислових рішень, яке знову-таки не дало очікуваного підвищення ефективності управління об'єктом [11];

– модельні комплекси показували значну ефективність на етапі їх розробки та впровадження (на штучних даних), але на реальних даних їх ефективність значно падала. Причиною було викривлення та старіння інформації, що подається до баз даних моделей з системи моніторингу. Менше цією “недугою” страждали банківські та маркетингові СППР, тому що вони базувались на даних транзакцій, які не можна викривити, не загубивши гроші. Маркетингові підприємства, які стали найбільш популярним замовником промислових СППР (за наявністю коштів), націлені тільки на “загальний прибуток” і спираються на масиви інформації про історію транзакцій, тому їх цікавить пошук закономірностей у багатомірних масивах даних, які стають основою підвищення ефективності маркетингової політики. Саме “маркетингові” СППР за умов їх домінування на ринку безсистемно застосовуються під завдання СППР АО і не дають очікуваного ефекту за браком розуміння замовником природи керівної діяльності в АСУ ТП - утримання штатної ситуації на об'єкті, а не здобуття прибутку;

– накопичення в системі управління об'єктом програмних комплексів від різних виробників, що реалізовували певну частину процесу загального управління, змусило шукати технології конвертації даних від різних систем при їх інтеграції в єдину систему управління даними;

– прив'язка систем телекомунікацій та організації інформаційних течій до структурної організації об'єкта призводить до швидкого морального старіння як всієї СППР, так і окремих її складових.

Ці фактори примушують розробників при реалізації СППР намагатись виконати тільки ту частину функцій інформаційної підтримки, яку замовлено, і не торкатись загальної системної ув'язки СППР з проектною системою управління об'єктом. Цьому сприяє неготовність замовників до розуміння необхідності міняти проектну технологію управління АО для досягнення нового рівня ефективності управління об'єктом.

Роль СППР не в тому, щоб підмінити персонал, а в тому, щоб підвищити ефективність його керівної діяльності. Технологія СППР спрямовується не стільки на автоматизацію процесу прийняття рішень, оскільки на інтелектуальну кооперацію між засобами управління та персоналом системи управління. В цьому контексті реальні межі в підтримці рішень визначають не кількістю наданої інформації, а підтримкою процесу прийняття рішення адекватно тому, як його сприймає і усвідомлює людина, що виконує посадові функції.

Однією з функцій СППР повинна бути допомога в покращанні властивих якостей менеджера. Так, людському розуму притаманне губити основний напрямок дій під тиском поточної “рутини”. Тільки “нагадування” з боку підлеглих або начальників утримують персонал у межах

основного процесу управління. Інформаційна підтримка персоналу також полягає в постійному утримуванні уваги персоналу на здійсненні основного процесу, а також створювати інформаційний простір, який дає чітку орієнтацію в довгострокових, середньострокових та поточних процесах різних різновидів керівної діяльності. Загалом вимоги до СППР наближаються до класу вимог щодо систем штучного інтелекту.

Концепціям інформаційної підтримки, що відтворені у промислових СППР, притаманний спрощений підхід до процедур прийняття рішень [10]: усвідомлення проблеми; діагностика; концептуальне або математичне моделювання; розробка альтернатив; вибір альтернатив, що задовольняють меті; здійснення моніторингу виконання рішення. Спрощують не кількість процедур управління, а надають персоналу можливість діяти за власним міркуванням. Тобто інформаційна підтримка є пасивною по відношенню до ОПР. Вона тільки повинна бути готовою, а скористатися підтримкою чи ні – є правом персоналу.

Сучасні концепції вважають прогресом використання в інформаційній підтримці технологій застосування знань [7], що дозволяє покращити пропозиції до рішень та пояснення до них. Наявність пояснень до варіантів рішень обумовлюють довіру ОПР до них. В маркетинговій сфері менеджер, який використовує інструментарій аналізу даних СППР для пошуку тенденцій та прихованих закономірностей, часто не в повній мірі розуміє зміст та механізм, того що закладено в програмному засобі. Без пояснень на зрозумілій мові дані моделювання не мають смислу.

Для активних об'єктів цінність інформаційної підтримки персоналу АО очікується не тільки при стратегічному плануванні, де переважно досліджуються тенденції, а здебільшого в процесі штатного управління, де реалізуються проектні технології. Ще більш адекватний погляд на доцільність рішень повинні дати критеріальна підтримка та моделювання їх наслідків. Персонал АО повинен сприймати ситуацію однозначно, тому роль пояснень до ситуації та до варіантів рішень має виконуватись зрозумілою символічною формою.

Перспективою подальшого розвитку СППР фахівці [1–6] вважають інтеграцію різних методів управління даними та їх аналітичного дослідження в рамках одного програмного продукту, а також перехід від технологій обробки даних до технологій обробки знань. Але такі висновки не безперечні, тому що природа досліджень для об'єктів різних галузей значно відрізняється і потребує застосування своїх методів аналітичної обробки. Широкої комплексній інтеграції інформаційних технологій підтримки рішень для АО сприятимуть пошук та впровадження *уніфікованих процедур ситуаційного управління*. Саме на природних властивостях ситуаційного характеру процесу управління є можливість інтегрувати інформаційні технології підтримки рішень у проектні технології управління АО, тобто закладати найбільшу ефективність взаємодії персоналу об'єкта з інструментарієм системи управління та природою керівної діяльності.

Характерною рисою сучасних СППР також є їх орієнтація на окремі проблеми. Такі підходи відбивають погляди сучасної науки на кризове управління. Технологія побудови класифікаторів надзвичайних ситуацій [12] базується на простому рахуванні всіх надзвичайних подій, що наявні у сховищах інформації, з подальшою їх класифікацією або за ознаками масштабу збитків, або за ознаками характеру подій (пожари, повені, аварії техніки і т.п.). Такі класифікатори містять великі переліки НП, але життя дає приклади все нових і нових ситуацій, що не були враховані заздалегідь.

Недосконалість такого підходу очевидна. Велика робота по створенню паспортів небезпечних об'єктів у державі вже на її початковому етапі дає можливість зрозуміти, що поточна інформація про об'єкти змінюється значно швидше, ніж відновлюється в паспортах об'єктів. СППР, побудовані на паспортах небезпечних об'єктів, будуть мати ті ж недоліки, що властиві системам, які працюють на застарілій та викривленій інформації.

Є приклади [10] розвитку методів прийняття рішень на основі "слабких сигналів", коли отримується інформація про порушення РФО, які ще не призвели до скоєння надзвичайної події. "Слабкі сигнали" свідчать про потенційні загрози в майбутньому, наслідки яких можна виявити засобами моделювання.

Перспектива розвитку СППР, з позиції інформаційної технології кризового управління, повинна йти трьома шляхами (рис. 3), як:

- реалізація функції інформаційної підтримки персоналу з метою попередження НП у штатних технологіях управління об'єктами та активними системами, що їх утворюють;
- реалізація технології управління перехідними процесами в життєвому циклі об'єктів;
- реалізація підсистеми управління ліквідацією наслідків кризи на засадах універсальної технології проектування системи виведення ситуації з кризи.



Рис. 3. Комплексна СППР для процедур ситуаційного управління АО

5. Складові технології ситуаційного управління

З точки зору різниці в вимогах до системи підтримки прийняття рішень у проектних процедурах управління, можна відокремити два різновиди процедур:

– першим різновидом є процедури управління об'єктами, що пов'язані з виконанням планів, розроблених на певний час або для реалізації певних програм, які поєднують назвою штатне управління;

– другим різновидом є процедури суто планування діяльності АО на певний час (місяць, рік, під програму заходів і т.п.), які поєднують назвою стратегічне планування.

Виконання планів реалізації функцій АО можна вважати штатним управлінням, коли рішення приймаються з набору готових рішень за планом, інструкцією, посадовими обов'язками. Суть стратегічного планування по відношенню до конкретних ситуацій та до можливого стану об'єктів управління полягає в розробці замислу і плану реалізації певної стратегії дій. Тобто, персонал органів управління мусить, за умов конкретної ситуації, прийняти рішення про застосування до кожного конкретного об'єкта однієї з актуальних до поточної ситуації стратегій дій:

– “Зростання” – стратегія створення об'єкта, зростання кількості функцій або їх інтенсифікація;

– “Стабілізація” – стратегія стабілізації на досягнутому рівні, реалізація планових процедур управління;

– “Скорочення” – стратегія часткової знижки інтенсивності або кількості функцій;

– “Відновлення” – стратегія відновлення інтенсивності або кількості втрачених функцій;

– “Реорганізація” – стратегія повної переорієнтації на нові функції;

– “Ліквідація” – стратегія ліквідації функцій, ресурсів, інфраструктури об'єкта.

Стратегічне планування на практиці оперує саме цією обмеженою кількістю стратегій [9]. Наведені стратегії визначають практично всі можливі варіанти політики активного об'єкта щодо рішень про подальше його використання. Перші три стратегії найбільш притаманні в період штатного управління, а наступні три – в період кризового управління. Наведені стратегії поєднують у собі практично весь комплекс можливих варіантів рішень по відношенню до АО з точки зору процедур управління системи, яка створила цей об'єкт. Прийняття цих стратегій за базові дає можливість формалізувати в значній мірі комплекс можливих рішень та мати наготові їх інформаційну підтримку в СППР. Обрана стратегія є визначальною для змісту “Рішення” та для набору необхідних даних моніторингу про стан об'єкта.

Кризове управління за своєю суттю є етапом екстреної реорганізації ресурсів під технологію, яка реалізує завдання стратегії ліквідації наслідків НП. Так чи інакше керівники приймають рішення про створення тимчасових об'єктів або систем об'єктів під завдання ліквідації наслідків НП. Тому документ “Рішення” фактично є терміновим проектом об'єкта, що повинен стати системою виведення ситуації з кризи. Під терміном “об'єкт” тут розуміємо тимчасову систему виведення з кризи, а не той об'єкт, де сталася криза.

Окремим різновидом стратегічного планування є рішення щодо вдосконалення ефективності самої системи управління АО. Прийняття будь-якого рішення щодо зміни стратегії по відношенню до всього об'єкта або його частини, або рішення щодо зміни мети існування об'єкта чи

його завдань у своїй основі потребують іншого рішення – *зміни в системі управління*. Інформаційна підтримка рішень з удосконалення системи управління за своєю суттю є однією з важливих складових проектування самого об'єкта – проектування системи управління об'єктом. Таку функцію органи управління об'єктом не здатні вирішувати своїми силами, тому що в більшості випадків не мають на ці дії повноважень від системи, яка утворила об'єкт, а персонал органів управління не обізнаний в технологіях проектування. Органи управління в більшості випадків приймають рішення з набору стандартних зразків рішень щодо типових об'єктів та типових функцій. Але ефективність типових рішень стане відомою лише після впровадження об'єкта та отримання дослідної інформації про наслідки такого рішення. Це коштує дорого і тому потрібна інтелектуальна підтримка типових рішень засобами моделювання їх наслідків. Саме такими технологіями треба оснащувати СППР для АО.

Для систем великої розмірності [8] взагалі створення (удосконалення) системи управління є складним проектом, який може бути вирішеним спеціальною проектною організацією на замовлення органів управління. Але вже на етапі формулювання наукової проблеми з питань дослідження ефективності системи управління та в формулюванні завдань на проектування змін до системи управління є проблеми в нестачі наукового досвіду у фахівців органів управління. Без специфічної науково-технічної підтримки органи управління дану проблему не можуть ефективно вирішувати і потребують специфічної інтелектуальної підтримки, тобто повинні отримати як інструмент до системи управління технологію постійного науково-технічного супроводження у складі СППР, як окрему її функцію.

Для систем великої розмірності, що застосовують у системі управління органи колегіального керівництва (колегії, ради, комісії і та ін.), у складі СППР потрібна окрема інтелектуальна підтримка функції колегіального управління технологіями штучного інтелекту:

- технологіями експертних оцінок;
- технологіями прийняття колегіальних рішень;
- технологіями критеріальної підтримки рішень колегіального органу;
- технологіями моделювання наслідків експертних та колегіальних рішень.

У практиці будівництва СППР для систем великої розмірності комплекси для підтримки колегіальних технологій управління поєднано назвою "ситуаційний центр" [6, 8].

6. Висновки

1. Комплексна інтелектуальна підтримка систем управління державних та муніципальних структур, систем управління транспортом, військових формувань, систем безпеки довкілля та виробництва і багато інших об'єктів класу АО є на сьогоднішній день невирішеною проблемою. Її вирішення насамперед стримується фактором відсутності доступної інформації про наукові розробки технологій ситуаційного управління для цього класу об'єктів.

2. Розробка уніфікованого програмного продукту, що комплексно реалізує весь широкий спектр функцій інтелектуальної підтримки процесу прийняття рішень для багаточисельного класу активних об'єктів, можлива лише за умов перебудови систем управління цими об'єктами на засадах ситуаційної моделі управління.

3. Значного підвищення ефективності системи управління слід очікувати в разі відмови від застарілої ієрархічної моделі моніторингу стану об'єкта (з послідовною агрегацією доповідей до вищого органу управління) та переходу до інформаційної моделі моніторингу, в якій органи управління всіх рівнів ієрархії отримують дані моніторингу одночасно і в реальному масштабі часу, а аналіз цієї інформації здійснюють за допомогою аналітичної функції СППР відповідно до рівня компетенції кожного посадовця.
4. Умовою ефективного застосування складних математичних методів та моделей у системах управління АО, з одного боку, є безумовна потреба в підвищенні фахового рівня персоналу, а з іншого боку, є інтеграція з науковими установами через дистанційні системи реалізації запитів щодо складних прогнозних моделей або аналітичних досліджень масивів даних. Наукові установи на сучасному етапі повинні створювати умови для надання інтелектуальної підтримки з оперативного виконання замовлень від органів управління різних об'єктів щодо моделювання наслідків їх стратегічних рішень. Можливо, такі послуги будуть надавати ситуаційні центри, що поєднують у собі наявні інструменти моделювання від різних наукових структур однієї галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Львов В. Создание систем поддержки принятия решений на основе хранилищ данных. <http://www.olap.ru>.
2. Киселев М., Соломатин Е. Средства добычи знаний в бизнесе и финансах. <http://www.osp.ru>.
3. Шапот М, Рощупкина В. Интеллектуальный анализ данных и управление процессами. <http://www.osp.ru>.
4. Щавелев Л.В. Оперативная аналитическая обработка данных. <http://www.zeus.sai.msu.ru>.
5. Мусаев А. Интеллектуальный анализ данных: Колондаик или Вавилон? <http://www.bizcom.ru>.
6. Морозов А.А., Яценко В.А. Ситуационные центры – основа стратегического управления // Математичні машини і системи. – 2003. – № 1. – С. 3 –14.
7. Морозов А.А. Базы знаний в системах ситуационного управления коллективного пользования // УСиМ. – 1995. – № 4 \ 5. – С. 91 – 95.
8. Морозов А.А. Ситуационные центры основа управления организационными системами большой размерности // Математичні машини і системи. – 1997. – № 2. – С. 7 – 10.
9. Косс В.А. Особенности процедур планового и кризисного управления войсковыми формированиями // Наука і оборона. – 2004. – № 1. – С. 25 – 32.
10. Гейдрик К.В. Системы поддержки принятия решений. Эволюция концепции и некоторые перспективы // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. – М.: ВИНТИ, 1987. – Т. 21. – С. 32 – 40.
11. Морозов А.О., Кузьменко Г.Є., Яровий А.Д. Основні проблеми інформатизації Збройних сил України на сучасному етапі // Наука і оборона. – 2004. – № 3. – С. 16 – 22.
12. Положення про потенційно небезпечний об'єкт України (Проект). МНС. – Київ, 1998. – С. 1 – 3.