

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ ВЗАЄМОДІЇ РЕГІОНАЛЬНИХ ОРГАНІВ ВИКОНАВЧОЇ ВЛАДИ У СФЕРІ ОХОРОНИ ПРАВОПОРЯДКУ

Обґрунтовано порядок застосування математичної моделі для оцінювання стійкості системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку з використанням теорії масового обслуговування. Розглянуто приклад визначення параметрів потоків інтенсивності впливів на систему і її реакція в складних умовах обстановки та оцінювання результатів моделювання.

Ключові слова: стійкість, система взаємодії, регіональний орган виконавчої влади, математичний апарат, теорія масового обслуговування.

I. Вступ

Порядок вибору моделей для оцінювання стійкості функціонування системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку залежить від: а) деталізації процесів, які відбуваються в системі взаємодії; б) рівня дослідження впливів на складники системи взаємодії, а саме на регіональні органи виконавчої влади, об'єкти, де розгорнуті робочі місця посадових осіб зазначених органів, канали обміну інформацією, засоби автоматизації оброблення інформації); в) необхідної точності отриманих результатів щодо значення показника оцінювання стійкості системи, що досліджується.

Як зазначено у праці [1], будь-яка модель має бути відносно нескладною і відображати суть процесів, які досліджуються. Чим складніша і ширша модель, тим більшу кількість даних необхідно ввести до розгляду, в тому числі й тих, про які в конкретній ситуації немає жодних (або майже жодних) даних. У зв'язку з цим, замарена "точність" широкої моделі насправді в більшості випадків буде хибною. Тобто автор рекомендує не перевантажувати модель зайвими елементами, які мало в чому впливають на кінцевий результат оцінювання процесів, що досліджуються.

Крім зазначеного вище, необхідно врахувати, що модель для оцінювання стійкості функціонування системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку, це, насамперед, інструмент оброблення інформації про процеси, які відбуваються в системі у складних умовах обстановки. Тому необхідно вибрати таку математичну модель, яка б враховувала інформаційні процеси в системі взаємо-

дії, тобто процеси, пов'язані з роботою регіональних органів влади та інформаційних каналів між ними.

Під *складними умовами обстановки*, які можуть скластися в регіоні (регіоні держави) [2], будемо розуміти такі, що створюють певні перешкоди стійкого функціонування системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку.

Питаннями математичного моделювання складних організаційних систем займалися такі вчені, як: Р. Акофф, Е. Вентцель [3], В. Городнов [4], Ф. Емери [5], Ю. Коршунов [6] та ін.

Разом з тим, враховуючи, що взаємодія регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку це складний процес, в якому задіяна певна система регіональних органів виконавчої влади і який організується центральним органом виконавчої влади (наприклад, Президентом України), обґрунтування математичної моделі оцінювання стійкості функціонування такої системи у складних умовах обстановки є непростим науковим завданням і такі моделі у відомих автору працях не розглядалися.

У моделі оцінювання стійкості функціонування системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку доцільно застосувати математичний апарат теорії масового обслуговування (ТМО). Такий математичний апарат забезпечує точність опису суттєвих зв'язків інформаційного процесу, що модулюються [3; 4].

II. Постановка завдання

Мета статті – обґрунтувати порядок застосування математичної моделі для оцінювання стійкості системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку з використанням теорії масового обслуговування. Розглянути порядок визначення параметрів потоків інтенсивності впливів на систему і її реакцію у

складних умовах обстановки та оцінювання результатів моделювання.

III. Результати

Якщо взяти до уваги, що *стійкість системи взаємодії* – це її здатність забезпечувати обмін необхідною кількістю інформації для регіональних органів виконавчої влади з

метою ефективною організації та підтримання взаємодії й управління регіональних сил охорони правопорядку за будь-яких умов, що склалися в регіоні держави, тоді вибрана математична модель має дати змогу оцінити стійкість процесу обміну інформацією взаємодії (рис. 1).

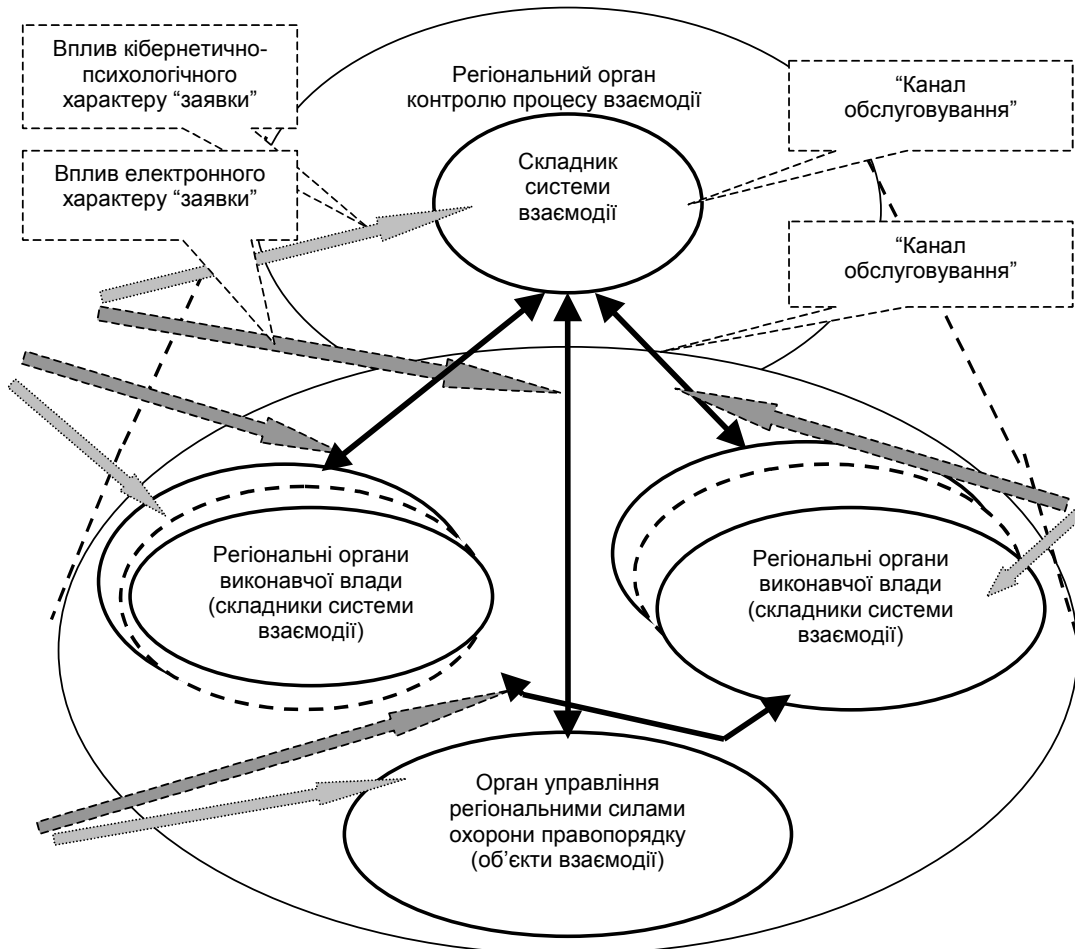


Рис. 1. Система взаємодії як модель системи масового обслуговування

Система взаємодії зазначених органів буде функціонувати в умовах динамічного зовнішнього впливу, на які вона, як цілеспрямована система, відповідає адекватними реакціями з метою підтримання стійкості обміну інформацією взаємодії. У ході виконання регіональними органами завдання в складних умовах обстановки на складові системи взаємодії буде впливати як потік впливу радіоелектронного придушення каналів обміну інформацією, так і потік кібернетично-психологічного впливу на органи системи. Стосовно цих впливів (у подальшому заявок) таку систему слід розглядати як багатоканальну систему масового обслуговування (СМО) з відмовами.

Канали обслуговування – складники системи взаємодії, а саме регіональні органи та канали обміну інформацією. Багатоканальність системи масового обслуговування визначається кількістю складників системи

(наприклад, для регіону ця кількість не перевищує $n_{\text{кан}} \leq 8 \dots 10$). Відмовність системи відбувається в разі перевищення кількості заявок (впливів на складники системи взаємодії) порівняно з наявною кількістю каналів обслуговування ($m_{\text{заяв}} > n_{\text{кан}}$).

Позначимо ймовірні стани системи обслуговування символом S_k , де індекс k відповідає кількості заявок у системі, у цьому випадку – кількість зайнятих каналів обслуговування. Розмічений граф моделі процесу функціонування системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку набуде вигляду, наведеного на рис. 2.

До системи надходять заявки з інтенсивністю λ . Система масового обслуговування складається з n однакових приладів-складників (допущення). Кожний вільний прилад-складник може почати обслуговування будь-якої чергової заявки і буде за-

йнятий обслуговуванням цієї заявки деякий випадковий час T з математичним сподіванням T_{cp} . Продуктивність одного приладу-складника буде $\eta = \frac{1}{T_{cp}}$. Вона залежить від

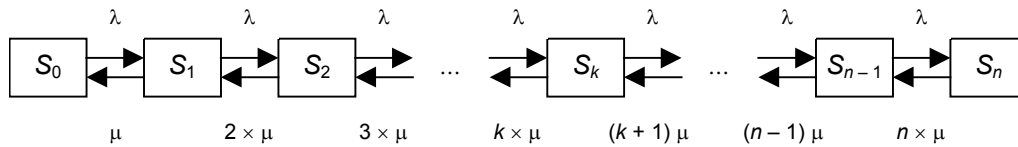


Рис. 2. Граф моделі n -канальної системи масового обслуговування з відмовами

На графі моделі (рис. 2) переходи між сторонами виникають під впливом вихідного потоку заявок інтенсивності λ , або в результаті закінчення їх обслуговування каналами системи масового обслуговування. Сумарна інтенсивність потоку обслуговування (кількість заявок, що обслуговуються в одиницю часу) визначається кількістю зайнятих каналів. Так, якщо зайнятий обслуговуванням один канал (стан S_1), інтенсивність обслуговування дорівнює інтенсивності роботи одного каналу μ ; якщо зайняті обслуговуванням рівно k каналів (стан S_k), інтенсивність обслуговування буде в k разів більше і становитиме величину $k \times \mu$.

Користуючись математичним апаратом, викладеним у праці [7], визначені фінальні ймовірності станів системи масового обслуговування з відмовами:

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} \times P_0, \quad k = 1, 2, 3, \dots, n;$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}},$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (1)$$

де P_k – ймовірність зайняття k каналів обслуговування;

ρ – коефіцієнт завантаження каналів.

Звідси, ймовірність обслуговування $P_{обс}$ заявок визначена за формулою $P_{обс} = 1 - P_n$, де P_n – ймовірність зайняття n -го каналу системи.

Математичне сподівання кількості каналів, зайнятих обслуговуванням $M_{зп}$, визна-

чено за формулою: $M_{зп} = \sum_{k=0}^n k \times P_k$.

Для визначення стійкості системи взаємодії встановлено, з якою ймовірністю будуть обслуговуватися впливи (радіоелектронного і кібернетично-психологічного характеру) 60% складниками системи (каналами

якісних показників приладу-складника (в умовах системи взаємодії, що досліджується, – це якісні показники регіональних органів і каналів обміну інформацією).

системи масового обслуговування). Як відомо з теорії управління та взаємодії, при одночасній постановці завдань 60% складникам системи взаємодії вона втрачає можливість виконувати свої функції. Крім того, для формування такої системи важливо знати, з якою ймовірністю будуть займатися канали обслуговування і яке буде математичне сподівання кількості зайнятих каналів обслуговування (математичне сподівання кількості складників системи, які в певний момент “виведені” з ладу потоками зовнішнього впливу і в процесі взаємодії регіональних органів не задіяні).

Якщо припустити (найгірший варіант для системи взаємодії, що досліджується), що організатори втручання в систему здатні створити вплив на її складники з інтенсивністю $\lambda = 8$ впливів/хв, а система взаємодії здатна відповісти реакціями з інтенсивністю $\mu = 4$ реакцій/хв (завжди нападаюча сторона планує перевагу у 2...3 рази більшою, ніж є можливість у сторони захисту), тоді коефіцієнт завантаження каналів системи буде $\rho = 2$. Користуючись поданим вище математичним апаратом, визначимо значення показників P_k , $P_{обс}$ і $M_{зп}$ (табл. 1).

Отже, створена система взаємодії з восьми складників (рис. 2), при встановлених можливостях щодо створення зовнішніх впливів на ці складники і реакції системи на визначені впливи дали змогу зробити такі висновки:

1. За кількістю зайнятих каналів показник не перевищує двох-трьох $M_{зп} = 2...3$, що свідчить про те, що у створеній системі 37,5...25% каналів (складників системи) буде одночасно задіяними, тобто більше 62,5...75% їх буде постійно функціонувати, виконуючі властиві їм завдання. Така система здатна стійко функціонувати у складних умовах обстановки.

2. Ймовірність обслуговування усіх заявок (впливів на складники системи) становить $P_{обс} = 0,999$, що свідчить про достатньо високу продуктивність створеної системи взаємодії, щодо вироблення необхідних реакцій на зовнішні впливи.

Таблиця 1

**Значення показників P_k , $P_{\text{обс}}$, $M_{\text{зк}}$ системи взаємодії
регіональних органів виконавчої влади в охорони правопорядку**

k	$\frac{\rho^k}{k!}$	Ймовірність станів системи P_k							
		$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$	$n = 7$	$n = 8$
0	1	0,333	0,200	0,158	0,143	0,138	0,136	0,135	0,135
1	2	0,667	0,400	0,316	0,286	0,276	0,272	0,270	0,270
2	2		0,400	0,316	0,286	0,276	0,272	0,270	0,270
3	1,333			0,211	0,190	0,183	0,181	0,180	0,180
4	0,667				0,095	0,092	0,090	0,090	0,090
5	0,267					0,037	0,036	0,036	0,36
6	0,089						0,012	0,012	0,012
7	0,025							0,003	0,003
8	0,0063								0,0009
$P_{\text{обс}}$		0,333	0,600	0,789	0,905	0,963	0,988	0,997	0,999
$M_{\text{зк}}$		0,67	1,2	1,58	1,81	1,93	2,002	2,041	2,047

Розроблена математична модель оцінювання стійкості системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку як багатоканальна система масового обслуговування з відмовами дає змогу на етапі її формування залежно від очікуваного впливу на складники системи, сформувати доцільну її структуру. Для такої системи інтенсивність реакції на будь-який вплив має бути в межах

$$\frac{\mu_{i0}}{\lambda_{0i}} \geq 0,5, \text{ що досягається за рахунок спеці-}$$

альної та морально-психологічної підготовки посадових осіб регіональних органів і підвищення завадостійкості каналів обміну інформації. При цьому відношення зайнятих каналів системи масового обслуговування

до можливих буде в межах $\frac{n_{\text{зайн}}}{n_{\text{можл}}} \leq 0,4$, що

підтверджує здатність створеної системи взаємодії забезпечити стійкість функціонування за рахунок 60% неуражених складників (каналів) системи. Така система здатна стійко функціонувати в складних умовах обстановки, що може скластися в регіоні (регіоні держави).

Результати моделювання слід перевірити покроково за показниками достовірності R і повноти Y відповідно до методики, поданої у праці [8].

Перший крок – формується шкала значущих чинників і параметрів, що враховуються при моделюванні (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала значущих чинників і параметрів, що враховуються при моделюванні

№	Найменування чинників і параметрів, що враховуються в моделях	Вага (α_1) чинника, параметра	Спосіб урахування чинників і параметрів у моделях	
			Розроблена	Існуюча
1	Кількість одиниць технічних засобів, які можуть створити завади N_{01}	0,0995	Ф	П
2	Час реакції каналів на завади $t_{\text{вдрз}}$	0,0985	Ф	К
3	Кількість груп, які призначені для кібернетично-психологічного впливу на органи системи N_{02}	0,0975	Ф	К
4	Час повтору впливу на складники системи взаємодії $t_{\text{впл}}$	0,0950	Ф	К
5	Кількість технічних засобів, які задіяні в системі взаємодії N_{10}	0,0950	П	К
6	Кількість запасних частот, що виділено для кожного технічного засобу m	0,0940	П	К
7	Час реакції каналів обміну інформації $t_{\text{плз}}$	0,0920	П	К
8	Кількість об'єктів впливу системи взаємодії M_{20}	0,0910	П	Н
9	Час мобільності об'єктів впливу системи взаємодії $t_{\text{моб}}$	0,0890	П	Н
10	Кількість складників у структурі системи взаємодії (каналів обслуговування) $n_{\text{кан}}$	0,0890	П	Н
11	Кількість впливів (заявок), що можуть одночасно надійти до системи взаємодії (СМО) $m_{\text{заяв}}$	0,0500	П	Н
12	Інші чинники і параметри	0,0095	К	К

Кількість чинників і параметрів визначено обсягом процесу моделювання. На першому етапі, з погляду цілей моделювання, кожний параметр оцінюється за 100-бальною шкалою. Найбільш важливому параметру відповідає вага 100 балів, найменш важливому – 1 бал. На другому етапі обчислено їх загальну суму в балах. На третьому етапі кожну початкову вагу розділено на загальну

суму в балах і визначено відносно (нормативну) вагу кожного параметра. На четвертому етапі параметри розміщені за зменшенням ваги важливості.

Способи урахування чинників і параметрів в моделях позначені: Н – безпосередній облік, П – просте узагальнення, Ф – функціональне узагальнення, К – непрямий облік.

Другий крок – визначається показник достовірності. Достовірність результатів моделювання залежить від кількості та важливості чинників і параметрів, від способу (точності) їх урахування й оцінена спеціальним показником R (достовірність) [8]:

$$R = 1 - \sum_{j=1}^{n_p} \beta_j \times \sum_{i \in g_j} \alpha_i, \quad (2)$$

де α_i – вага важливості обліку i -го параметра (чинника) у відносних одиницях;

g_j – множина параметрів (чинників), що враховуються в моделі j -м способом узагальнення;

β_j – відносне середнє значення похибки в розрахунках через неточний (узагальнений) облік параметрів (чинників) при j -му способі їх узагальнення обліку в моделі;

n_p – кількість параметрів, які використані в моделі.

Величина β_j може набувати різних значень: H – при безпосередньому обліку значущого параметра (чинника) задаванням в моделі його поточного значення в реальному процесі $\beta_1 = 0$; P – при зміні різних, але однорідних за фізичним значенням параметрів одним параметром (просте узагальнення), математичне очікування величини $\beta_2 = 0,445$; Φ – при функціональному узагальненні різнорідних взаємопов'язаних параметрів (чинників) і їх обліку в моделі у вигляді однієї представницької величини, математичне очікування величини $\beta_3 = 0,6$; K – у разі непрямого (неявного) обліку параметрів (чинників), математичне очікування величини $\beta_4 = 1,33$.

Проведені розрахунки для розробленої моделі дали такі результати достовірності існуючої моделі $R_{\text{існ. мод.}} = 0,0465$ і моделі, яка розроблена, $R_{\text{розр. мод.}} = 0,4416$. Виграш достовірності результатів моделювання збільшився майже у 9,5 раза.

Третій крок – оцінювання міри очікуваної повноти моделювання Y . Якщо визначити через ξ_k ($k = 1, \dots, Q$) вагу кожного з Q параметрів, що оцінюються в моделях і при цьому оцінювання провести лише для перших чотирьох параметрів (див. табл. 2), $\gamma = 4$ із $Q = 12$, тоді значення показника повноти моделювання визначимо за формулою [8]:

$$Y = R \times P \times \frac{\gamma}{Q}, \quad (3)$$

де P – показник оперативності моделювання.

Якщо покласти показник оперативності для існуючої та розроблених моделей одного значення $P_{\text{існ. мод.}} \approx P_{\text{розр. мод.}}$, тоді вираз

2 можна записати $Y \approx R \times \frac{\gamma}{Q}$. З урахуван-

ням викладеного вище отримаємо: $Y_{\text{існ. мод.}} \approx 0,01395$ і $Y_{\text{розр. мод.}} \approx 0,13248$.

Для одночасного порівняння повноти моделювання в моделях, що розроблено, $Y_{\text{розр. мод.}}$ та існуючої $Y_{\text{існ. мод.}}$ та мірі наближення до ідеальної моделі $Y_{\text{ід.}} = 1$, використано узагальнений показник ефективності моделювання $W = \frac{Y_{\text{розр. мод.}} - Y_{\text{існ. мод.}}}{1 - Y_{\text{існ. мод.}}}$ [8]. З

урахуванням викладеного отримано: $W = 0,12$.

IV. Висновки

Розроблена математична модель оцінювання стійкості системи взаємодії регіональних органів виконавчої влади у сфері охорони правопорядку дає змогу визначити, які складники системи найбільш уразливі і як необхідно їх покращувати з метою створення раціональної структури системи, яка у складних умовах обстановки давала б змогу стійко забезпечувати взаємодію зазначених органів. Предметом подальшого дослідження є раціональне формування регіональних органів виконавчої влади з урахуванням принципів і норм оброблення інформації у складних умовах обстановки.

Список використаної літератури

1. Моисеев Н.Н. Экология человека глазами математика / Н.Н. Моисеев. – М. : Молодая гвардия, 1988. – 252 с.
2. Орлов М.М. Методичні підходи щодо визначення характеристик регіону держави / М.М. Орлов // Системи озброєння і військова техніка. – Х. : Харк. ун-т Повітряних Сил, 2005. – Вип. 1 (1). – С. 72–78.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М. : Наука, 1988. – 206 с.
4. Городнов В.П. Методи кількісної оцінки рішень та моделювання службово-бойових дій частин і підрозділів внутрішніх військ : навч. посіб. / В.П. Городнов. – Х. : Акад. внутрішніх військ МВС України, 2006. – 266 с.
5. Акофф Р. О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери ; [пер. с англ. И.А. Ушакова]. – М. : Сов. Радио, 1974. – 272 с.
6. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики : учеб. пособ. / Ю.М. Коршунов. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 496 с.
7. Щербина Л.П. Основы теории сетей военной связи / Л.П. Щербина. – Л. : Воен. красноз. акад. связи, 1984. – 168 с.
8. Городнов В.П. Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений войск ПВО / В.П. Городнов. – Х. : ВИРТА, 1987. – 379 с.

Стаття надійшла до редакції 23 березня 2012 р.

Орлов Н.М. Математическая модель оценки устойчивости системы взаимодействия региональных органов исполнительной власти в сфере охраны правопорядка

Обоснован порядок применения математической модели для оценки устойчивости системы взаимодействия региональных органов исполнительной власти в сфере охраны правопорядка с использованием теории массового обслуживания. Рассмотрен пример определения потоков интенсивности влияния на систему и ее реакцию в сложных условиях обстановки и оценки результатов моделирования.

Ключевые слова: *устойчивость, система взаимодействия, региональный орган исполнительной власти, математический аппарат, теория массового обслуживания.*

Orlov N. Mathematic model of evaluating stability of cooperation system between regional executive institutions in a field of law enforcement

Defined the guidelines for applying mathematic model of evaluating stability of cooperation system between regional executive institutions in a field of law enforcement using group service theory. Overlooked the example of determining criteria of currents of influencing intensity on a system and it's reaction in complicated conditions; evaluated model's output results.

Key words: *stability, cooperation system, regional executive institution, mathematical apparatus, group service theory.*