

УДК 004.9:529.5.05

Г. Б. Вільський, канд. техн. наук., доц.;

М. М. Надич

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ СУДНА

Наведено результати теоретичного моделювання інформаційної безпеки судна. Створено математичні моделі загроз інформаційної безпеки на шляху руху судна. Введено поняття поверхні інформаційної безпеки і зон інформаційної небезпеки, які за рахунок використання імовірнісних характеристик удосконалюють інформаційні взаємозв'язки в процесі управління судном.

Постановка проблеми

Судноплавство є досить складною ієрархічною системою, процеси управління якою залежать від великої кількості факторів безпеки, кожний із яких має певний вплив. До основних факторів відносяться навігаційна, морехідна, енергетична безпека, а також безпека водних шляхів і портових акваторій [1]. Основною складовою кожного фактора безпеки є інформація. Достовірність, об'єктивність і конфіденційність інформації щодо умов на маршрутах проходження суден є ключовими в оцінці й прогнозуванні ситуаційних моментів і безпосередньо впливають на здатність судноводія правильно приймати рішення [2]. Управління рухом суден вимагає достатнього інформаційного забезпечення, і чим складніші умови плавання, тим вагоміша роль інформації. Аналіз аварійності на водних шляхах показав недостатність і нездатність берегових і суднових інформаційних систем протистояти зовнішнім й внутрішнім негативним впливам [3]. Умови руху суден ідентифікуються з проблемами інформаційної безпеки, тому теоретичне моделювання інформаційної безпеки водних шляхів — важливе завдання в області інформаційних технологій. Саме вона визначена одним з основних наукових напрямків і важливих проблем фундаментальних досліджень в області природних, технічних і гуманітарних наук на 2009—2013 роки і спрямована на підвищення безпеки судноплавства.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Роботи з моделювання інформаційної безпеки перебувають у стадії постановки завдань, створення науково-обґрунтованих моделей, прийнятних для практичного застосування. Під час аналізу інформаційної безпеки використовують методи кваліметрії. Однак вони за великої кількості причинно-наслідкових зв'язків у безпеці судноплавства не дозволяють виділити найпростішу та найскладнішу властивості рухомої системи.

У роботах [4, 5] основний акцент ставиться на параметричні і непараметричні методи дослідження безпеки складної рухомої системи. Однак множина непараметричних методів, таких як: двовибірковий критерій Колмогорова–Смірнова, критерій парних порівнянь Вілкоксона, приводять до розбіжностей та різних результатів [6]. Питання математичного моделювання інформаційної безпеки судна вперше сформульовано в роботі [7], але математичну модель не запропоновано.

Метою статті є побудова математичної моделі інформаційної безпеки судна на водному шляху, та подання інформаційного простору процесу судноводіння математично побудованою поверхнею інформаційної безпеки в умовах дії загрози «Посадка на ґрунт» за передумовою «Втра- та орієнтації в навігаційних обставинах».

Виклад матеріалу дослідження

Управління судноплавством, окремим судном базується на прийнятті чіткої послідовності рішень. При цьому системи й підсистеми управління перебувають у постійній інформаційній взаємодії із зовнішніми і внутрішніми процесами. Чим більше суден одночасно перебувають у русі та чим складніший процес управління судном, тим більша насиченість інформаційних потоків, складніший процес інформаційної взаємодії і серйозніші наслідки порушення такої взаємодії.

Судно — єдина інформаційна система, яка, за визначенням, є сукупністю закономірно розташованих частин, що знаходяться у постійному взаємозв'язку. Існує кілька класифікацій систем:

— клас A — системи з незмінним внутрішнім станом;

— клас B — системи зі змінним внутрішнім станом.

У свою чергу в класі B можна виділити такі підкласи:

— B_1 — системи з незмінним алгоритмом обробки, але зі змінними даними;

— B_2 — системи, з повністю саомодифікованим алгоритмом, що виходить за межі множини рівнозначних алгоритмів.

Судно можна віднести до систем класу B , так званих інформаційних систем, тобто систем, що «здійснюють: отримання вхідних даних; обробку цих даних та/або зміну власного внутрішнього стану (внутрішніх зв'язків/співвідношень); видачу результату або зміну свого зовнішнього стану (зовнішніх зв'язків/співвідношень)» [9].

Всі перераховані вище дії можна визначити як інформаційні процеси, в яких судно виступає як об'єкт інформаційної безпеки (ОІБ). В цьому випадку вимоги безпеки ОІБ формуються як послідовна функціональна декомпозиція (рис. 1а, б) з переходом від систем B_3 до систем класу A . Будь-яка загроза викликає зміну всього інформаційного простору та порушення функціональної декомпозиції.

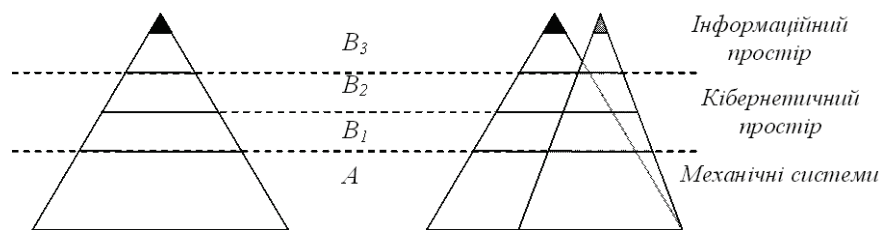


Рис. 1. Функціональна декомпозиція вимог безпеки ОІБ

Процес інформаційного захисту ОІБ судноплавства, створення гнучких систем управління та прогнозування небезпечних ситуацій не можливі без побудови теоретичних моделей. Системний підхід до розгляду інформаційної безпеки водних шляхів вимагає її теоретичного моделювання. Новим кроком у науковому забезпеченні ОІБ є результати математичного опису інформаційної безпеки водних шляхів на прикладі руху судна в стислих умовах плавання.

Судно як складний морський рухомий ОІБ неможливо завжди подавати у вигляді матеріальної точки, так як його габарити в стислих умовах руху є визначальними факторами аварійності. Моделювання процесу руху судна неможливо без урахування його розмірів і обрання центру ваги за початок системи координат. Основними характеристиками такого руху є залежність місця розташування і швидкості центру ваги від часу.

Функцію часової залежності руху судна можна подати у вигляді вектор-функції $r = r(t)$ скалярної змінної t . Радіус-вектор центру ваги судна у разі зміни параметра t описує в просторі окрему криву — годограф, що збігається з маршрутом руху судна.

Так як рух судна за заданою кривою дає бажаний результат, то назвемо її *кривою інформаційної безпеки*. Будь-яке відхилення від заданої кривої під впливом будь-якого фактора інформаційної безпеки можна вважати небажаним. Тому необхідно встановити взаємно однозначну відповідність кривої руху об'єкта з багатомірними ділянками факторів інформаційної безпеки шляхом їхньої проекції на поверхню пересування. Отримані проекції інформаційної безпеки на поверхню пересування (рис. 2) дозволяють візуально визначити ділянки підвищеної інформаційної безпеки на маршруті проходження судна. Випадкові вектор-функції n змінних $\bar{r}_1(x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,n})$, $\bar{r}_2(x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,n}), \dots$ — функції фактора безпеки, які описують у просторі розмірності $n + 1$ якусь криву, чітко визначену в окремій ділянці цього простору.

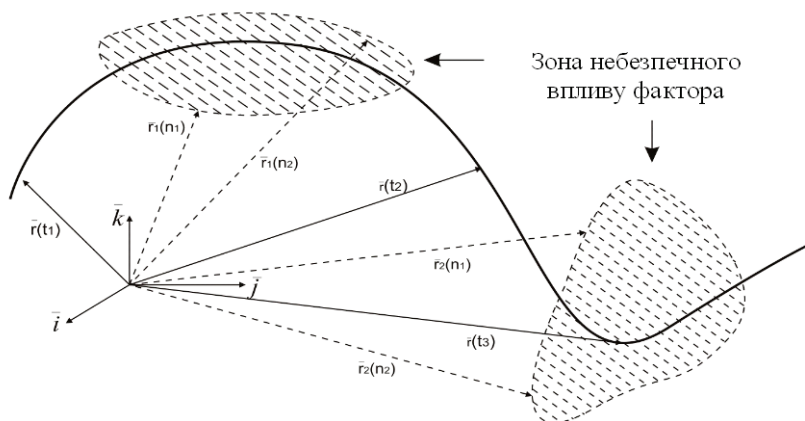


Рис. 2. Проекція кривих факторів небезпеки на поверхню маршруту пересування

При цьому найдоцільніше використати такі методи моделювання випадкових подій, як: метод обігу функції розподілу, нормальний розподіл, метод Неймана, метод динаміки середніх, моделювання випадкових векторів і потоків подій.

Для гнучкого реагування системи інформаційної безпеки на зміни інтенсивності небезпечних факторів визначають границі допустимого і критичного інформаційного впливу, так званий коридор інформаційної безпеки. Будь-які відхилення від кривої інформаційної безпеки всередині знайденого коридору можна вважати несуттєвими і прийняти системою як необхідні. Наприклад, розглянута інформаційна безпека судна під час руху в стислих умовах плавання на водному шляху Бузько-Дніпровсько-лиманського морського каналу (БДЛК). Розрахунок параметрів безпечної суднової зони здійснювався для її геометричної побудови у вигляді двовимірної ділянки Z_1 , що з імовірністю P , близькою до одиниці, містила б істинне положення об'єкта. Розв'язання цього завдання вимагає розв'язання (згідно з теоремою Радона–Нікодима) такого рівняння:

$$P = \iint_{Z_1} f(x, y) dx dy. \quad (1)$$

Його розв'язок в загальному випадку дає безліч ділянок, з яких вибирається та, котра має мінімальні розміри. При цьому для пошуку тієї ж ділянки використовується нормальний розподіл Гауса, двовимірна щільність якого має вигляд

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp \left[- \left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{xy}{2\sigma_{xy}} \right) \right], \quad (2)$$

де σ_x і σ_y — середні квадратичні відхилення векторіальної похибки по осях x і y ; $\sigma_{xy} = \sqrt{D_{xy}}$ — другий змішаний момент.

Розглянемо щільність імовірності розподілу випадкової величини X , що є передумовою до виникнення загрози (у цьому випадку «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах»), за фактом виникнення загрози Y (у цьому випадку «Посадка на ґрунт») на прямолінійних ділянках БДЛК і в зонах повороту. Щільність розподілу, або нормальний розподіл Гауса, виражається функцією розподілу, аналітичний вираз якої має вигляд

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp \left[- \left(\frac{(x - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2} \right) \right], \quad (3)$$

де μ_x , μ_y — математичні очікування, відповідно, передумови «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах» і загрози «Посадка на ґрунт»; σ_x , σ_y — їхні дисперсії.

На підставі аналізу вибірки, складеної з кількісних показників аварійності за останні 20 років у разі виникнення передумови «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах» за фактом виникнення загрози «Посадка на ґрунт», визначимо їхні математичні очікування і дисперсії, використовуючи вираз (4).

		Передумова «Втрата орієнтації»							Загроза «Посадка на грунт»				
N							N						
1		0	1	2	3	4	2		0	1	2	3	4
	X	3	8	4	0	0		Y	14	9	4	0	0
	P	0	0	0				P	0,	0,	0,		
1		,52	,32	,16	0	0	2		52	33	15	0	0

$$\mu_x = \sum_{i=1}^5 p_{1i} \cdot X_i; \quad \mu_y = \sum_{i=1}^5 p_{2i} \cdot Y_i;$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^5 p_{1i} (X_i - \mu_x)^2}; \quad \sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^5 p_{2i} (Y_i - \mu_y)^2}; \tag{4}$$

$$\mu_x = 10,85; \quad 2\sigma_x^2 = 26,66;$$

$$\mu_y = 9,96; \quad 2\sigma_y^2 = 23,44;$$

$$f(x, y) = \frac{1}{78,53} \exp \left[- \left(\frac{(x - 10,85)^2}{26,66} + \frac{(y - 9,96)^2}{23,44} \right) \right].$$

Після підстановки значень μ та σ на поверхні інформаційної безпеки видно створений розподіл імовірності передумови «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах» за фактом виникнення загрози «Посадка на грунт» (рис. 3а). Це тільки на прямолінійній ділянці шляху. Рух судна в зоні повороту створює більш вагому передумову щодо виникнення загрози (рис. 3б), що підвищує імовірність реалізації пари «передумова—загроза». Розрахунок здійснюється, використовуючи співвідношення (4).

		Передумова «Втрата орієнтації»							Загроза «Посадка на грунт»				
I							N						
1		0	1	2	3	4	2		0	1	2	3	4
	J	13	12	6	0	0		Y	6	10	4	0	0
	I	0,	0,	0,				P	0	0,	0,		
1		52	37	2	0	0	2		,53	36	21	0	0

$$f(x, y) = \frac{1}{106,43} \exp \left[- \left(\frac{(x - 13)^2}{36} + \frac{(y - 12)^2}{31,8} \right) \right].$$

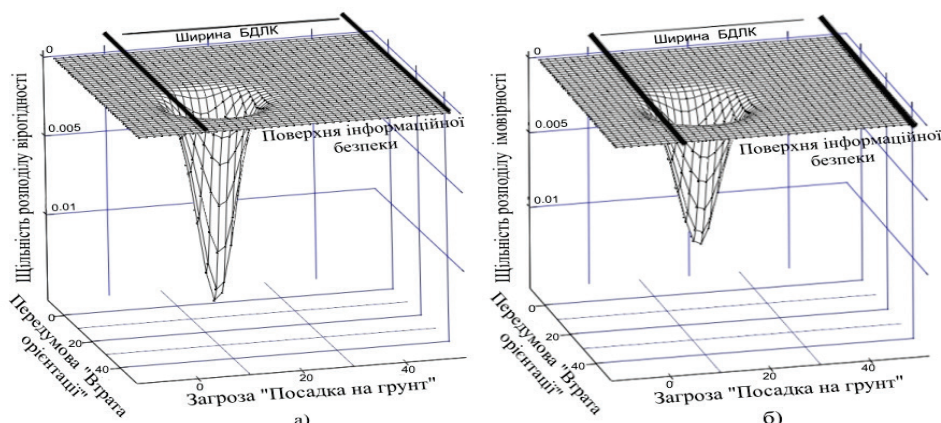


Рис. 3. Щільність розподілу імовірності передумови виникнення загрози «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах» за фактом виникнення загрози «Посадка на грунт»: а) на прямолінійній ділянці; б) на коліні

Щільність розподілу імовірності стала меншою, що свідчить про збільшення обсягу фактора небезпеки, яке призводить до розширення небезпечної зони. Збільшення зони небезпеки на поверхні інформаційної безпеки (ПІБ) особливо чітко видно (рис. 4) на порівняльних діаграмах імовір-

ності події «Посадка на ґрунт» на прямолінійній ділянці і на коліні БДЛК. Розташування зони підвищеної небезпеки на поверхні інформаційної безпеки залежить також і від габаритів судна, особливо у разі руху в стислих умовах.

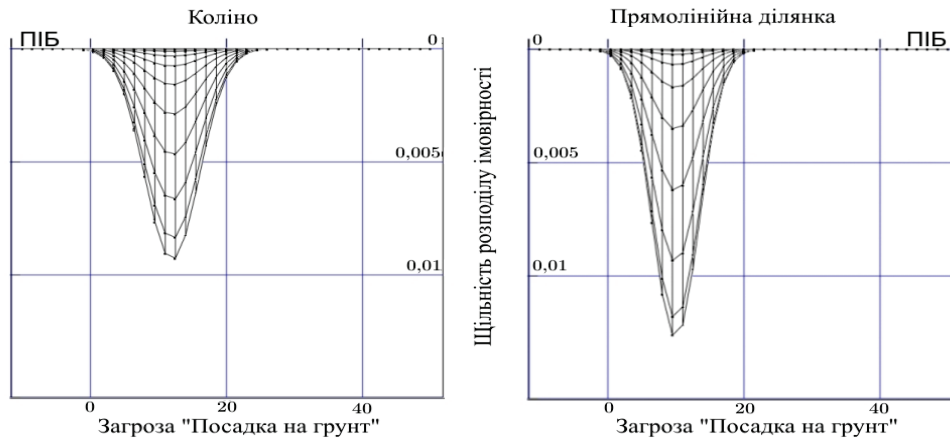


Рис. 4. Порівняльна характеристика ПІБ під час руху судна по прямолінійній ділянці маршруту і на коліні

Дослідження показали, що на розташування зони підвищеної небезпеки щодо стінок каналу впливають інерційно-гальмівні характеристики судна. Чим вища маневреність судна, тим ближча зона небезпеки до стінок каналу і тим ширша безпечна зона руху судна.

Висновки

1. Виконано математичне моделювання інформаційної безпеки суден.
2. Створено теоретичну базу для практичного моделювання безпеки судноводіння, яка дозволяє прогнозувати причинно-слідчі зв'язки аварійності суден.
3. Запропоновані математичні моделі, які вдосконалюють процес судноводіння за рахунок використання імовірнісних характеристик загроз інформаційної безпеки.
4. Побудовані моделі інформаційної безпеки судна є додатковим засобом підтримки прийняття судноводієм рішень у процесі судноводіння.
5. Вперше запропоновані поняття «поверхня інформаційної безпеки та «зона інформаційної небезпеки» оптимізують інформаційні взаємозв'язки під час судноводіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мальцев А. С. Теорія і практика безпечного керування судном при маневруванні : дис...докт. техн. наук : 05.22.16. — Одеса, 2007. — 395 с.
2. Вільський Г. Б. Інформаційна безпека в управлінні судном / Г. Б. Вільський, А. С. Мальцев // Рибне господарство. — 2010. — № 3 (68). — С. 24—26.
3. Навігаційна безпека при лоцманському проведенні суден / [Г. Б. Вільський, А. С. Мальцев, В. В. Бездольний, Е. І. Гончаров]. — Одеса—Миколаїв : Фенікс, 2007. — 456 с.
4. Налобін Н. В. Організація системи авіаційної безпеки аеропорту на основі методів кількісної оцінки її стану / Н. В. Налобін. — Москва, 2005. — 197 с.
5. Кім Е. Г. Розробка комплексної методики підтвердження відповідності вимог до безпеки систем автоматичної посадки літака нормам льотної придатності / Е. Г. Кім. — Москва, 2008. — 161 с.
6. Ігнатов М. І. Натуральні сплайни багатьох змінних / М. І. Ігнатов, А. Б. Певний. — М. : Наука, 1991. — 127 с.
7. Мальцев А. С. Информационная безопасность судна / [А. С. Мальцев, Г. Б. Вильский, Н. Т. Шон] // Состояние и совершенствование безопасности информационно-телекоммуникационных систем. Сборник научных трудов. Специальный выпуск. — Николаев : Н П И , 2009. — С. 24—26.

Рекомендована кафедрою автоматики та інформаційно-виміральної техніки

Стаття надійшла до редакції 5.05.11
Рекомендована до друку 6.06.11

Вільський Геннадій Борисович — ректор; **Надич Михайло Михайлович** — викладач кафедри природничо-математичних дисциплін.

Миколаївський політехнічний інститут, Миколаїв