

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

## МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

*Розглядаються принципи математичного опису інформаційної безпеки рухливих об'єктів. Показана можливість використання математичних методів для оцінки стану інформаційної безпеки рухливих об'єктів.*

### Постановка проблеми

Управління будь-яким об'єктом ґрунтується на прийнятті чіткої послідовності рішень. До складних в управлінні об'єктів відносяться судна, які перебувають в постійній інформаційній взаємодії із зовнішніми й внутрішніми процесами.

Наявність на судах сучасних електронних систем і широке використання на водних шляхах інформаційних систем і підсистем не забезпечують достатньої безпеки руху суден. Суднова інформація не завжди відповідає встановленим для неї вимогам і досить часто використовується з порушенням правил, а будучи відкритою для несанкціонованого доступу, стає надбанням конкуруючих компаній, терористів і морських піратів. Разом з цим відсутні і єдині критерії визначення й нормування точності, вірогідності і своєчасності судової інформації під час планування руху судна, немає математичного опису інформаційної безпеки судна. Через відсутність наукових напрацювань з математичного опису і практичних методик для управління судном відбуваються аварійні події й катастрофи, які завдають великої шкоди людському життю та екології моря [1].

Важливість питань математичного опису інформаційної безпеки судна підтверджується прийнятими державними цільовими програмами й фундаментальними дослідженнями в галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009—2013 роки. Все це свідчить про актуальність наукових досліджень з математичного моделювання рухомих об'єктів на прикладі морських суден.

### Аналіз останніх досягнень і публікацій

Останні дослідження з інформаційної безпеки в судноплавстві спрямовані на підвищення технічних можливостей інформативності бортового електронного устаткування без урахування обстановки на водному шляху. Звертається увага на зміст інформації про маневрені характеристики судна, її якісний й кількісний стан. Констатується, що вся передана й прийнята на судно інформація є відкритою, а тому може бути використана з недобрими намірами. Пропонується забезпечувати безпеку мореплавства за рахунок підвищення рівня інформованості капітана, швидкої дії систем обробки інформації та скорочення обсягу переданих у відкритий ефір відомостей про рух судна [2]. Загрози безпеки судноводінню можна осмислити і вирішити за допомогою математичного опису та моделювання причинно-наслідкових зв'язків загроз інформаційної безпеки. У відомих роботах не пропонується математичний опис та моделювання інформаційної безпеки руху судна на водному шляху [3].

*Мета роботи* — розробити математичний опис інформаційної безпеки рухливих об'єктів та висвітлити можливості використання математичного моделювання для оцінки стану інформаційної безпеки морського судна.

### Виклад матеріалу дослідження

Будь-який рухомий об'єкт інформаційної безпеки (ОІБ) зображується у вигляді матеріальної точки, що пересувається за чітко визначеним маршрутом. Основними характеристиками такого руху є залежність місцеположення і швидкості цієї точки від часу. Таким чином, функцію часової залежності можна подати у вигляді вектор-функції  $r = r(t)$  скалярної змінної  $t$ . Радіус вектора матеріальної точки об'єкта зі зміною параметра  $t$  описує в просторі криву — годограф, що збігається з маршрутом пересування об'єкта. Так як пересування за заданою кривою приводить до бажаного

результату, то назвемо її кривою інформаційної безпеки. Будь-яке відхилення від заданої кривої можна вважати небажаною дією небезпечного фактора.

Аналітичне зображення кожного фактора інформаційної безпеки у вигляді випадкового вектора  $n$  упорядкованих випадкових величин, під яким підіймається матриця — стовпчик  $X = [X_1 \ X_2 \dots X_n]^T$ , її математичне очікування відповідно дорівнює  $M(X) = [\mu_1 \ \mu_2 \dots \mu_n]^T$ ,  $\mu_i = M(X_i)$ . Подальший пошук нормального розподілу  $n$ -вимірного випадкового вектора, який описується формулою

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^m |\mathbf{K}|}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})^T \mathbf{K}^{-1} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}) \right\}, \quad (1)$$

приводить до визначення щільності розподілу цього вектора, побудови відповідних поверхонь і, так званих, ліній регресії, що мають вигляд еліпсоїдів для двовимірних векторів і гіпереліпсоїдів — для багатовимірних.

Алгебраїчними і координатними методами диференціальної геометрії, а також дослідженнями критичної точки функції багатьох змінних і  $n$ -вимірних векторів випадкових величин оцінюються екстремальні відхилення під дією кожного з факторів. Отримані результати дозволяють побудувати векторні поля факторів безпеки для кожної точки маршруту, а також поверхні інформаційної безпеки в рамках інформаційного коридору. При цьому можна вибрати мінімальний вплив факторів ризику на рухливий об'єкт. Дослідження морських подій дало можливість встановити п'ять видів загроз, які мали місце: «Посадка на ґрунт»; «Навал»; «Зіткнення»; «Льодова»; «Техногенна»; «Ворожа дія і напад».

Вся аварійність суден взаємозалежна з передумовами визначених загроз інформаційної безпеки водних шляхів. Передумови загроз виникали на складних ділянках маршруту руху судна, під час заходження і виходу з морських портів. До виявлених чотирьох передумов загроз інформаційної безпеки відносяться:

- втрата орієнтації в навігаційних обставинах;
- психофізіологічний стан оператора-судновода;
- неправильні команди й помилки оператора-судновода;
- негативне використання інформаційних потоків на водних шляхах.

Проведений аналіз аварійності суден з урахуванням загроз дозволив виділити зони найбільшої інформаційної безпеки й визначити ступінь впливу факторів загроз на аварійність судна, а також знайти імовірний розподіл фактора безпеки за траєкторією пересування судна.

Всі загрози відбувалися через порушення інформаційної безпеки незалежно від того, на якому етапі рейсу перебувало судно. Це мало місце під час підготовки до рейсу в порту, під час руху в складній навігаційній обстановці у відкритому морі і на стиснених водних шляхах (каналах, затоках, портах і у разі розходження суден). Передумови виникнення загроз створювалися в реальному масштабі часу і несли, як правило, багато факторний характер. Для моделювання впливу інформаційної безпеки на морські події встановлено причинно-наслідкові зв'язки й класифікація загроз інформаційної безпеки на водних шляхах. Вони підтверджують необхідність наявності певних достовірних і надійних інформаційних ресурсів для управління судном, системного вирішення питань підвищення безпеки руху суден шляхом побудови відповідних систем керування інформаційною безпекою судноплавства. Їхня класифікація дозволяє прогнозувати розвиток ситуаційних моментів, виконувати постановку завдань теоретичного моделювання об'єктів інформаційної безпеки на водних шляхах. У сформованих умовах інформаційної кризи, хакерства, піратства, промислового шпигунства захист інформаційних потоків, що забезпечують судноводіння, дозволяє знизити кількість аварій на водному транспорті.

Відомо, що більше 40 % морських подій відбувається саме в результаті порушення інформаційної безпеки водних шляхів, що займає досить значний сегмент сфери причин аварійності. У разі сформованих обставин дослідження, спрямованих на вдосконалення теоретичної бази щодо створення математичного забезпечення систем управління інформаційною безпекою судна (судноплавства) на переходах, під час руху в стиснених умовах плавання і маневрування, є актуальними. Порушення інформаційної безпеки на водних шляхах постійно створюють передумови до виникнення загроз, реалізація яких веде до аварійної ситуації. Як бачимо, існує чіткий взаємозв'язок

між інформаційною безпекою і аварійністю суден.

Процес математичного опису руху судна в стиснених умовах передбачає розгляд будь-яких поверхонь інформаційної безпеки, що мають нульову кривизну. Кожний з факторів інформаційної небезпеки залишає на ній слід і кривизну, які характеризують ступінь його впливу на стан судна. Ступінь впливу й наслідки описуються математично.

Для оцінки рівня інформаційної безпеки на водному шляху виконаємо теоретичне моделювання причино-наслідкових зв'язків між інформаційними передумовами і загрозами в найскладніших, стиснених умовах руху судна. Математичну оцінку процесу будемо здійснювати за такою схемою:

- моделювання параметрів безпечної суднової зони в просторі відносного руху;
- моделювання параметрів зони небезпечного впливу факторів у просторі істинного руху;
- побудова зон небезпечного впливу загроз на всьому маршруті пересування судна й тривимірного зображення інформаційної поверхні.

Розрахунок параметрів зон інформаційної небезпеки здійснимо для її геометричної побудови у вигляді двовимірної ділянки  $Z_1$ , що з імовірністю  $P$ , близькою до одиниці, містила істинне положення загрози. Загальний вигляд абсолютно неперервної залежності загрози «Посадка на ґрунт» від передумови «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах» можна зобразити математичним виразом, використовуючи теорему Радона—Никодима [4]. Відповідно до цієї теореми математичний опис залежності загрози від її передумови вимагає розв'язання рівняння (2)

$$P = \iint_{Z_1} f(x, y) dx dy. \quad (2)$$

Його розв'язок в загальному випадку дає безліч ділянок, з яких вибирається та, котра має мінімальні розміри, тому що імовірність реалізації загрози в ній максимальна. При цьому для пошуку тієї ж ділянки використовується нормальний розподіл Гауса.

У стиснених умовах плавання зони впливу небезпечних загроз варто розділяти на ділянки, у кожній з яких вплив класифікаційної загрози є помірним, високим і критичним. У кожній із цих ділянок існує своя імовірність настання загрози. Чим ближче ділянка до зони безпечного руху судна, тим імовірність настання загрози нижча. Одержання поверхонь функції розподілу імовірності загрози до відповідної передумови загрози пов'язане із завданням побудови двовимірних ділянок  $Z_y, Z_b, Z_k$ . [5, 6]. Для одного фактора небезпеки складається система у вигляді трьох рівнянь (3)

$$\begin{cases} \frac{1}{2\pi\sigma_{x1}\sigma_{x2}} \int_{-a1}^{a1} \int_{-b1}^{b1} \exp\left[-\left(\frac{x_1^2}{2\sigma_{x1}^2} + \frac{x_2^2}{2\sigma_{x2}^2}\right)\right] dx_1 dx_2 = P_y; \\ \frac{1}{2\pi\sigma_{x1}\sigma_{x2}} \int_{-a2}^{a2} \int_{-b2}^{b2} \exp\left[-\left(\frac{x_1^2}{2\sigma_{x1}^2} + \frac{x_2^2}{2\sigma_{x2}^2}\right)\right] dx_1 dx_2 = P_b; \\ \frac{1}{2\pi\sigma_{x1}\sigma_{x2}} \int_{-a3}^{a3} \int_{-b3}^{b3} \exp\left[-\left(\frac{x_1^2}{2\sigma_{x1}^2} + \frac{x_2^2}{2\sigma_{x2}^2}\right)\right] dx_1 dx_2 = P_k, \end{cases} \quad (3)$$

кожне з яких виражене подвійним інтегралом від функції  $f(x_1, x_2)$ , що є щільністю імовірності розподілу випадкової величини  $X_1$ , і яка є, як показано на рис. 1, передумовою виникнення загрози за фактом виникнення загрози  $X_2$ . Розв'язок одного з рівнянь системи (3) дозволяє побудувати поверхню функції розподілу імовірності загрози  $X_2$  згідно з відповідною до передумови загрозою  $X_1$  [7, 8]. На рис. 2 показано реалізацію такої поверхні для загрози «Посадка на ґрунт» за передумовою «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах». Аналіз поверхні показує, що існують такі ділянки на поверхні інформаційної безпеки, у яких імовірність реалізації загрози «Посадка на ґрунт» у разі реалізації передумови «Втрата орієнтації в навігаційних обставинах» є найбільш імовірною. Якщо випадок «передумова—загроза» імовірний на всьому маршруті проходження, то відповідно статистичний обсяг такого інформаційного об'єкта досить великий.

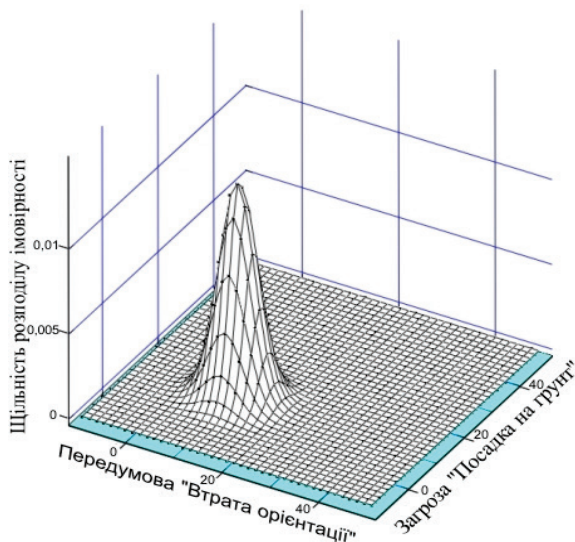


Рис. 1. Щільність розподілу імовірності

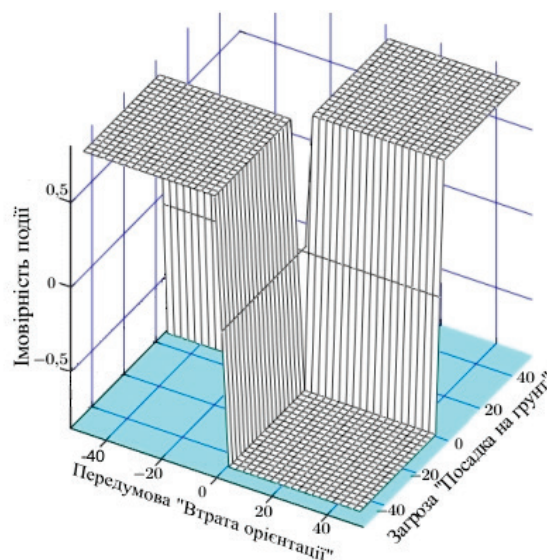


Рис. 2. Поверхня функції розподілу імовірності

При цьому створювана інформаційним об'єктом (об'єкт типу «передумова—загроза») кривизна буде невеликою, проте буде поширюватися по всій поверхні. Якщо ж реалізація двійки «передумова—загроза» жорстко локалізована на маршруті проходження (має чітке місце проходження), то статистичний обсяг такого інформаційного об'єкта невеликий, але навіть за малої імовірності реалізації він створить на поверхні інформаційної безпеки значно більшу кривизну, чітко вказавши місце реалізації загрози.

У процесі виникнення інформаційних загроз з'являється безліч двовимірних інформаційних об'єктів типу «передумова—загроза». Кожний з них, залежно від частоти реалізації, має свою «статистичну вагу» і відповідно статистичний обсяг, пов'язаний з імовірністю настання аварійної ситуації на всій довжині маршруту проходження. Під час побудови поверхні функції розподілу ймовірності події «передумова—загроза» на поверхні інформаційної безпеки у разі збігу кривизни передумови і загрози утвориться кут розбіжності поверхонь, так званий «клин», що розходить до верху. Чим більша основа клина, тим більша імовірність події. Малі кути розбіжності поверхонь свідчать про малу імовірність події на всій ділянці маршруту руху судна. При цьому подія більш локалізована і відбувається тільки в певних точках маршруту. Реалізація теоретичної моделі показала, що зі зростанням кута розбіжності «клина» імовірність загрози відповідно до її передумови збільшується від 0 до 0,66. Вершина клина характеризує точку з найбільшою імовірністю загрози, а ділянка максимальної розбіжності клина визначає границю реалізації загрози з заданою імовірністю.

### Висновки

1. Проведено теоретичне моделювання інформаційної безпеки рухомого об'єкта — судна, що дозволяє спростити аналіз інформаційних загроз судноводінню.
2. Запропоноване математичне моделювання дозволяє отримати більшість даних про вплив інформаційних загроз на пересування судна та вибрати оптимальні рішення з управління інформаційною безпекою.
3. Побудовано поверхні функцій розподілу імовірності загрози інформаційної безпеки, необхідні для прийняття рішень з судноводіння.
4. Подальші дослідження математичного моделювання інформаційної безпеки судна дозволять створити єдину методологічну базу забезпечення безаварійного плавання на водних шляхах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вільський Г. Б. Інформаційна безпека судноплавства / Г. Б. Вільський // Системи обробки інформації : міжнар. на-ук.-практ. конф. «Інформаційна й економічна безпека (INFECO — 2010)», 27—29 квітня 2010р., Харків : зб. наук. пр. — № 3 (84). — Х. : ХУВС ім. І. Кожедуба, 2010. — С. 104—105.

2. Навігаційна безпека при лоцманському проведенні суден / [Г. Б. Вільський, А. С. Мальцев, В. В. Бездольний, Є. І. Гончаров]. — Одеса—Миколаїв : Фенікс, 2007. — 456 с.
3. Мальцев А. С. Теорія й практика безпечного управління судном при маневруванні : дис....д-ра. техн. наук: 05.22.16 / А. С. Мальцев. — Одеса, 2007. — 395 с.
4. J. Radon, Mengen konvexer Korper, die einen gemeinsamen Punkt enthalten, Math. Ann. Vol. 83 (1921), P. 113—115.
5. Бермант А. Ф. Краткий курс математического анализа / А. Ф. Бермант, И. Г. Абрамович. — Изд 7-е, стер. — М. : Наука, 1971. — 736 с.
6. Кудрявцев Л. Д. Краткий курс математического анализа / Л. Д. Кудрявцев. — Изд-во : Физматлит, 2002 г. — Т. 2.
7. Булдырев В. С. Линейная алгебра. Функции многих переменных / В. С. Булдырев, Б. С. Павлов. — Л. : изд-во ЛГУ, 1985.
8. Игнатов М. И. Натуральные сплайны многих переменных / М. И. Игнатов, А. Б. Певный. — М. : Наука, 1991. — 127 с.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Стаття надійшла до редакції 11.03.11

Рекомендована до друку 7.06.11

**Вільський Геннадій Борисович** — професор кафедри автомобілів, ректор;

**Надич Михайло Михайлович** — викладач кафедри природничо-математичних дисциплін.

Миколаївський політехнічний інститут, Миколаїв