

УДК 519.852

Рома О.М., д.т.н., с.н.с.¹;Дергильова О.В., к.т.н.²;Зінченко В.М.¹¹ Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУУ "КПІ".² Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України.

Концептуальний підхід до побудови математичної моделі функціонування системи в умовах конфлікту за неповним інформаційним базисом

Концептуальный подход к построению математической модели функционирования системы в условиях конфликта за неполным информационным базисом

Conceptual approach to construct mathematical model of the system in conflict with incomplete information basis

Резюме. Наведено концептуальний підхід до встановлення формальної моделі функціонування системи в умовах унікального поточного конфлікту у вигляді системи диференціальних рівнянь для прогнозування розвитку конфлікту за даними поточного моніторингу з метою встановлення способу розподілу наявного у дослідника ресурсу. Розглянуто можливість побудови фізичних та нефізичних моделей. Встановлені залежності функціонування системи від способу розподілу ресурсів.

Ключові слова: конфлікт, нефізична модель, управління в системі, розподіл ресурсів.

Резюме. Приведен концептуальный подход установления формальной модели функционирования системы в условиях уникального текущего конфликта в виде системы дифференциальных уравнений для прогнозирования конфликта по данным текущего мониторинга с целью установления способа распределения ресурса наличного у исследователя. Рассмотрена возможность построения физических и нефизических моделей. Установлены зависимости функционирования системы от способа распределения ресурсов.

Ключевые слова: конфликт, нефизическая модель, управление в системе, распределение ресурсов.

Resume. We consider the conceptual approach of establishing a formal model of the system. The system operates in a unique current conflict. Conflict exists in the form of a system of differential equations. This is done to predict the conflict danym ongoing monitoring to determine the method of distribution of the resource, which is the researcher. The possibility of constructing physical and non-physical models is considered. The dependencies of the system of how the allocation of resources is specified.

Keywords: conflict, non-physical model, management system, the distribution of resources.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Однією з підсистем системи забезпечення національної безпеки є державна система урядового зв'язку, функціонування та розвиток якої тісно пов'язані з питаннями управління державою, насамперед, в умовах надзвичайного та воєнного стану, а також у разі виникнення надзвичайної ситуації. Очевидно, що умови надзвичайного та воєнного

стану, як правило, характеризуються наявністю цілеспрямованої протидії функціонуванню системи урядового зв'язку – отже, процес функціонування системи урядового зв'язку в зазначених умовах належить до групи процесів, які поєднані визначенням "конфлікт".

Конфлікт за участю людини не належить до тих явищ, якими можна керувати лише на засадах здорового глузду та життєвого досвіду. Щоб справити на нього який-небудь ефективний

вплив, необхідно розуміти істинні витoki та причини виникнення конфлікту, виявити закономірності його розвитку та можливі моделі закінчення. Сучасна конфліктологія в основному використовує емпіричні дані, концептуальні засади, теоретичні моделі, методи і засоби практично будь-яких наук. Але доводиться констатувати, що в сьогodнішній конфліктології використовуються методи, притаманні гуманітарним наукам. Застосування прикладної математики залишається значно обмеженим [1, 2].

З іншого боку, обмежене застосування прикладної математики зумовлене тим, що конфлікт не є "грою з природою", де природа не злонавмисна по відношенню до учасників процесу, – у конфлікті протидія протилежної сторони є злонавмисною від початку. У таких умовах розв'язання конфлікту не може безпосередньо співставлятися з рішенням математичної оптимізаційної задачі - при рівних ресурсах сторін "оптимальність" означає припинення конфлікту, а при нерівних – поразку більш слабкої сторони [3].

Це породжує проблему розробки математичної теорії конфлікту та розв'язання конфліктних задач, як на сьогодні в завершеному вигляді ще не існують. Проте вираз „наука породжується там, де починається розрахунок” виправданий і для конфліктології. Але розрахунки можливі тільки за наявності математичного (формального) опису ситуацій, дій, ходу розмірковування – надання змістовної сторони явища у вигляді формальної системи чи счислення. У зазначених умовах роль математичної теорії формального опису конфлікту може взяти на себе модель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Суб'єктивні методи моделювання мало кого переконують, адже для отримання апріорної інформації необхідно робити багато припущень, які авторам доводиться винаходити. Розробці об'єктивних методів моделювання на основі самоорганізації присвячені роботи [4, 5].

Реальні процеси не завжди можуть мати математичний опис у обраному для наближення класі (чи класах) опорних функцій. В багатьох випадках взагалі про існування такого опису нічого невідомо. Також невідомо, чи достатньо наявних змінних для опису за їх допомогою процесу в цілому. У поєднанні з тим, що змінні, як правило, відомі неточно, це призводить до того, що вирішення фізичних задач практики в значній мірі відрізняються від відповідних рішень суто математичних задач. В повній мірі

це стосується рішень, які розраховуються для практичних задач за допомогою обчислювальної техніки.

Відправною точкою для дослідження поведінки деякої системи в умовах конфлікту як унікальної ситуації може бути спостереження за поведінкою системи на деякому попередньому інтервалі та досвід дослідника. Як правило, інтервал попереднього спостереження виявляється досить незначним у порівнянні з періодом, на якому повинно бути проведене дослідження конфлікту, а самі дані спостереження є слабкоструктурованими, слабоузгодженими і далеко неповними. Досвід же дослідника в такому випадку виявляється консервативним і може відіграти негативну роль. Практично лише системний підхід (як методологія) та системотехніка (як прикладна дисципліна) дозволяють розв'язувати такі задачі. Концепція системотехніки полягає в представленні реальних або уявних складних систем за допомогою моделей та дослідженні таких моделей.

Отримання аналітичного вигляду законів зміни вихідних характеристик складних систем від наборів вхідних аргументів називається ідентифікацією характеристик складних систем чи просто ідентифікацією. Процес ідентифікації часто називають прямим моделюванням (на відміну від імітаційного), а отримані функції – прямими моделями.

Мета статті. Надати концептуальний підхід до встановлення формальної моделі функціонування системи в умовах унікального поточного конфлікту для прогнозування розвитку конфлікту за даними поточного моніторингу з метою встановлення такого способу розподілу наявного у дослідника ресурсу, який дозволяв би досліднику "найкращим" чином досягти своєї мети у ході розвитку конфлікту. Термін "найкращий" передбачає практичну реалізацію одного з принципів оптимальності.

Виклад основного матеріалу. Формалізація поведінки систем, що включають різноманітні за природою компоненти (фізичні, технічні, біологічні, психічні, соціальні) натикається на концептуальну складність введення єдиної метрики. Введення часової шкали масштабів та урахування відхилень в часі для процесів, що відбуваються в системі, створює можливість встановлення єдності в оцінках впливів процесів різної природи на цільові функції та ефективність системної взаємодії. Такий підхід дозволяє визначити найбільш продуктивний математичний апарат для побудови моделей конфлікту.

Для побудови системної моделі конфлікту, необхідно послідовно вирішити ряд задач.

По-перше, необхідно ввести множину показників якості (характеристик) у вигляді фізично вимірюваних величин. Лише з таких величин можна скласти рівняння системи в умовах відсутності наперед чітко визначених характеристик та залежностей.

По-друге, сформувати функціональний простір системи, для чого обґрунтувати єдиний

ортонормований базис або ж обґрунтувати декілька ортонормованих базисів та формули перерахунку. Визначити метрику.

По-третє, визначити залежності між показниками якості (основними характеристиками системи) в функціональному просторі системи.

Скласти системну модель можна за наступною схемою (рис. 1).

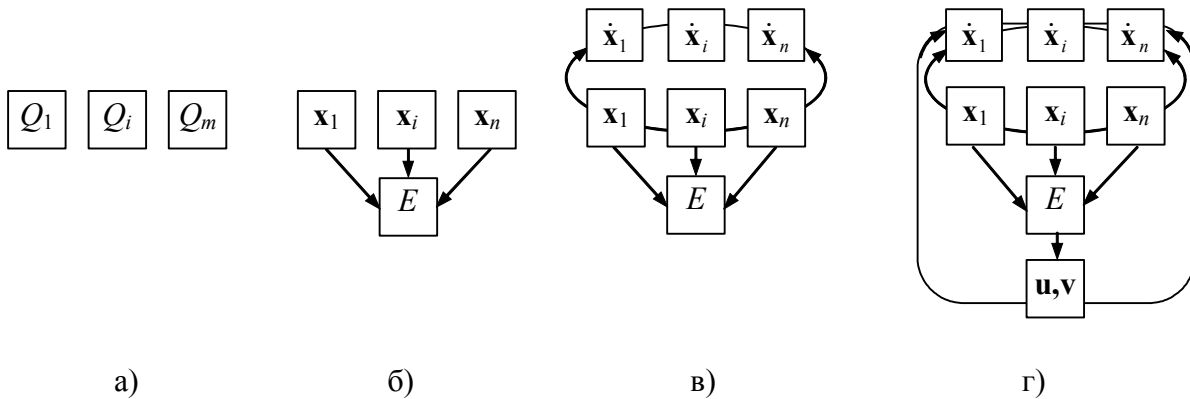


Рис. 1. Схема складання системної моделі конфлікту

Початковим етапом складання системної моделі є визначення на основі морфологічного (вербального) змалювання системи її основних характеристик Q_i (показників якості, рис. 1а). Взагалі ж у складній системі, як правило, протікає набагато більше процесів, ніж ті, що доступні прямому спостереженню та очевидно характеризують якість системи. Тому виходячи з показників якості визначаються фазові змінні, на базі яких і буде сформовано функціональний простір. Їх кількість повинна бути не дуже великою, щоб мати можливість експериментально оцінити поведінку параметрів, але й водночас досить представницькою, щоб забезпечити прийнятну точність моделі.

Фазові змінні x_i , які є у розпорядженні дослідника, можуть формувати функціональний простір системи, в якому протікають певні процеси. Обмеженість функціонального простору, доступного для спостереження, не дає підстав сподіватися на відтворення механізму дії системи-оригіналу, тому відразу спрямовує на пошук нефізичної моделі з доступним інформаційним базисом.

Другим етапом є встановлення відношень між показниками якості та процесами, що протікають в системі, а також побудова критерію (критеріїв) ефективності E (рис. 1б).

На третьому етапі встановлюються співвідношення між значеннями процесів у певні моменти часу та швидкостями зміни останніх \dot{x}_i (рис. 1в).

Закінчується створення системної моделі визначенням управлінь v (з боку сторони, що протидіє) та самоуправлінь u (управління власної сторони) в системі та вплив їх на швидкість зміни процесів (рис. 1г).

Формалізація явища досягається шляхом побудови математичної моделі – основи всього системного аналізу. Встановлено [наприклад, 6, 7], що моделі, які можуть бути використані для аналізу конфліктних ситуацій, належать до класу кібернетичних систем і можуть бути описані системами диференціальних рівнянь.

Як відомо [3], диференціальне рівняння стану багатозв'язної системи, що досліджується, має вигляд

$$\dot{\mathbf{X}}(t) = \mathbf{F}(t, \mathbf{X}(t)), \quad (1)$$

де $\mathbf{X}(t)$ - вектор станів входів системи;

$\dot{\mathbf{X}}(t)$ - вектор зміни станів системи за часом;

$\mathbf{F}(\ast)$ - деяка вектор-функція.

Якщо розділити аргументи моделі x на дві упорядковані неперетинні множини $\{x_i\}, i = \overline{1, m}$ - аргументи "своїї" підсистеми та $\{x_j\}, j = \overline{m+1, n}$ - аргументи підсистеми

"противника", а також вважати, що в єдиній моделі системи, що описує конфлікт, примусовому впливу для кожної сторони доступні лише аргументи відповідної підсистеми, та у разі обмеження лінійними членами (1) можна подати у вигляді

$$\begin{cases} \dot{X}_i(t) = F_{1i}(t, X(t)) + F_{2i}(t, X(t)) + U_i(t), & i = \overline{1, m} \\ \dot{X}_j(t) = F_{1j}(t, X(t)) + F_{2j}(t, X(t)) + V_j(t), & j = \overline{m+1, n} \end{cases}$$

де $U(t)$, $V(t)$ - вектор-функції управління з боку "своєї" та "ворожої" підсистем відповідно.

У цьому випадку "своя" та "ворожа" підсистеми в загальній системі конфлікту

$$\begin{cases} \dot{X}_i(t) = F_{1i}(t, X(t)) + F_{2i}(t, X(t)) + F_{3i}(t, X_i(t), X_j(t)) + U_i(t), & i = \overline{1, m}, j = \overline{m+1, n} \\ \dot{X}_j(t) = F_{1j}(t, X(t)) + F_{2j}(t, X(t)) + F_{3j}(t, X_i(t), X_j(t)) + V_j(t), & i = \overline{1, m}, j = \overline{m+1, n}, \dots \end{cases} \quad (3)$$

де $F_{3i}(\cdot)$, $F_{3j}(\cdot)$ - вектор-функції, що містять члени вищих порядків. Якщо $F_{2i}(\cdot)$ та $F_{1j}(\cdot)$ змальовують зв'язки конфлікту адитивного характеру, то $F_{3i}(\cdot)$, $F_{3j}(\cdot)$ - комунікативного характеру. Оскільки комунікативні зв'язки не завжди наповнені фізичним змістом, то при їх наявності в моделі остання рідко може бути доведена до фізичної. Тобто декомпозиція (3) на дві окремі підсистеми рідко можлива.

Нарешті, не завжди аргументи моделі можна поділити на дві неперетинні множини – аргументи моделі "своєї" підсистеми та аргументи моделі підсистеми "ворожої". Можуть виявитися аргументи, що одночасно входять до обох підсистем і підлягають примусовому впливу одночасно з обох сторін. В такому разі модель (3) доповниться кількома рівняннями вигляду

$$\dot{X}(t) = F(t, X(t)) + U(t) + V(t) \quad (4)$$

Якщо ж для аргументів моделі $\{x_i\}, i = \overline{1, m}$ покласти $V_i(t) = 0$, а для аргументів $\{x_j\}, j = \overline{m+1, n}$ - $U_j(t) = 0$, то системи рівнянь (3) та (4) в загальному вигляді разом повторять систему рівнянь (2) і в загальному випадку будуть нефізичною моделлю конфлікту (з урахуванням примусових управлінь обох сторін).

Основним важелем при розв'язанні конфліктної задачі є розподіл ресурсів власної системи для досягнення власної мети в процесі розвитку конфлікту. Тому суттєвим доповненням до рівнянь станів змінних системи є рівняння витрат ресурсів. Передбачається, що ресурси впливів управління, якими володіють

розділяються і характеризуються вектор-функціями $F_{1i}(\cdot)$ та $F_{2j}(\cdot)$ відповідно. $F_{2i}(\cdot)$ та $F_{1j}(\cdot)$ змальовують зв'язки конфлікту: у випадку, коли вони одночасно є нульовими, конфлікту не існує і дві окремі підсистеми розвиваються незалежно; коли лише одна вектор-функція є нульовою, це означає односторонню відсутність впливу на противника. Така модель є найпридатнішою для декомпозиції системи і при достатній деталізації може перерости в фізичну.

Однак лінійного опису не завжди буває достатньо. Тоді формально система (2) доповнюється наступним чином

сторони, обмежені. У більшості випадків ці обмеження носять інтегральний характер:

$$\int_{\tau}^{\infty} \omega_u(t, u(t)) dt \leq \mu(\tau), \quad (5)$$

$$\int_{\tau}^{\infty} \omega_v(t, v(t)) dt \leq \nu(\tau), \quad (6)$$

де $u(t)$, $v(t)$ - функції управління своєї сторони і сторони противника відповідно (функції витрати загального ресурсу);

ω_u , ω_v - функціональні перетворення загального ресурсу в значення аргументів моделі;

$\mu(\tau)$, $\nu(\tau)$ - запас загального ресурсу на час τ .

чи задаються у вигляді нерівностей:

$$\|u(\tau)\| \leq \mu = const, \|v(\tau)\| \leq \nu = const. \quad (7)$$

У випадку інтегральних обмежень (5),(6) величини $\mu(\tau)$, $\nu(\tau)$ задаються тільки в початковий момент $\tau = t_0$. В подальшому значення цих величин визначаються ресурсами управління, що залишаються в процесі реалізації обраних законів управління. Якщо, наприклад, при $t_0 \leq t < \tau$ реалізовувалися управління $u(t)$ та $v(t)$, то

$$\left. \begin{aligned} \mu(\tau) &= \mu(t_0) - \int_{t_0}^{\tau} \omega_u(u(t))dt, \\ \nu(\tau) &= \nu(t_0) - \int_{t_0}^{\tau} \omega_v(\nu(t))dt. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Диференціюючи співвідношення (8), отримаємо

$$\left. \begin{aligned} \dot{\mu} &= -\omega_u(u(t))dt, \\ \dot{\nu} &= -\omega_v(\nu(t))dt. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

за умов $\mu(t_0) = \mu_0$, $\nu(t_0) = \nu_0$, $\mu(t) \geq 0$, $\nu(t) \geq 0$.

Вибір тих чи інших обмежень диктується особливостями органів управління та видами управлінь. Умови виду (8) зветься обмеженнями на миттєві значення управляючих впливів.

У загальному випадку, поєднання рівнянь (2), (3), (4) та (9) чи лише деяких з них в одну систему рівнянь дає математичну модель функціонування системи в умовах конфлікту з урахуванням управлінь сторін-учасниць конфлікту. Спосіб розподілу наявного ресурсу, обраний для формування зазначених управлінь, визначає обраний спосіб розв'язання конфлікту та досяжність поставленої мети (окремо кожним учасником конфлікту).

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. За умови відсутності закінченої математичної теорії формалізації явища, що розглядається, немає підстав вважати інформаційний базис дослідження повним. Також не можна вважати відомими механізми дії системних зв'язків для імітаційного моделювання. У таких умовах дієвим виявляється саме спосіб нефізичного моделювання явища, яке являє собою конкретну реалізацію поточного конфлікту. Нефізична модель може виявитися і остаточно досяжною, та в загальному випадку зберігається можливість переходу від нефізичної моделі до остаточної фізичної моделі конфлікту за умови успішної дефініції наперед невизначених ознак. Основним питанням при розв'язанні конфліктних задач виникає проблема вибору способу використання ресурсу, яким володіє сторона, що співставлена з дослідником. Обраний спосіб повинен

забезпечити досліднику досягнення своєї мети у процесі розвитку конфлікту "найкращим способом". Цей спосіб не обов'язково є рішенням оптимізаційної задачі і зазвичай є перестраховочним. За умови відсутності способу розподілу ресурсу, який би гарантував досягнення результату, залишається доступним досягнення мети за допомогою ризикових стратегій, що потребує додаткового дослідження поточного процесу.

Перспективи подальших досліджень вбачаються в обґрунтуванні способів формалізації подачі нефізичного моделювання функціонування складних систем в умовах конфлікту, зокрема, в розробці об'єктивних методів структурно-параметричної ідентифікації математичних моделей процесів. Окрему увагу доцільно приділити вибору опорних функцій структурно-параметричної ідентифікації та попередньої обробки даних моніторингу для подальшого застосування у математичних процедурах рішення задач ідентифікації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конфліктологія: [Підручник для студентів вищ. навч. закл. юрид. спец.]/Л.М. Герасіна, М.І. Панов, Н.П. Осипова та ін.; За ред. професорів Л.М. Герасіної та М.І. Панова. – Харків: Право, 2002. – 256 с.
2. Горелик В.А., Горелов А.Ф., Кононенко А.Ф. Анализ конфликтных ситуаций в системе управления. – М., 1991.
3. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Конфликтная радиолокация (Опыт системного исследования). – М.: "Радио и связь", 1982. – 124 с.
4. Иваненко В.И., Лабковский В.А. Проблема неопределённости в задачах принятия решений. – К.: Наукова думка, 1990. – 136 с.
5. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: «Наука», Главная редакция физ.-мат. литературы, 1971. – 384 с.
6. Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д. Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
7. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

Рецензент: Шевченко В.Л. – д.т.н., с.н.с., ЦВСД НУО України.

Поступила в редакцію 21.03.13