

УДК 519.8+510.22

В.М. Більчук, І.Г. Дзеверін, О.В. Воробйов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ОПИСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ В НЕЧІТКОМУ НЕСТОХАСТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Пропонується методологічний підхід, якій передбачає суб'єктивне розуміння (бачення) реального явища природи особою, яка приймає рішення, на основі природного або прийнятого тлумачення нечіткого нестохастично невизначеного середовища, та висвітлений зміст опису функціонування складної системи.

Ключові слова: функціонування складної системи, нечіткість, нестохастична невизначеність.

Вступ

Постановка проблеми. Зацікавленість особи, яка приймає рішення (ОПР), чи дослідника щодо розуміння будь-якого реального явища природи достовірно завжди пов'язана з визначенням її раціональної (доцільної) поведінки щодо визначення обсягу ресурсів та способів їх використання з метою досягнення її особистої мети (особистих цілей) в майбутньому на основі прогнозованих характеристик, які по його суб'єктивному баченні описують природу цього реального явища. Тому виникає проблема визначення підстав на основі суб'єктивного розуміння ОПР природи реального явища, які б дозволили "розумно" виділити (відокремити) його із нескінченної чисельності інших та описати його зміни за часом в умовах достатньо близьких до реальних, в яких це явище формується.

Аналіз літератури. В [7] розкривається зміст основної причини, яка породжує проблему для ОПР та яка полягає в розходженні бажаного і дійсного результату в цілеспрямованій діяльності ОПР при невідомих для нього шляхів подолання цієї невідповідності. Там же приведені основні означення, які прийняті на теперішній час, а саме: моделі явища природи, класифікацію моделей при описі технічних систем; системи, складної системи та розуміння змісту їх функціонування; операції, як системи цілеспрямованих дій ОПР, об'єднаних єдиним задумом; класифікація методологічних рівнів аналізу системи.

В [1] автори висловлюють сучасний погляд на зміст нового покоління війн, які будуть базуватися на застосуванні високотехнологічних зразків озброєння і військової техніки (ОВТ) для ураження найважливіших об'єктів економіки, системи державного управління, найважливіших об'єктів військового призначення. Там же підкреслюється думка, що війни частіше виникають між сусідніми країнами, а їх причинами можуть бути протиріччя територіальної, політичної, економічної, соціальної, екологічної, етнічної спрямованості. В [4] визначено зміст інформаційної боротьби та сутність інформаційних технологій в сучасній збройній боротьбі. Видання

[3 – 6, 8, 9] містять результати світових теоретичних досягнень за останні, в середньому, 20 років при розгляді аналітичного планування та організації систем, при обґрунтуванні прийняття рішень на основі нечітких моделей. В [10 – 15] подані розв'язання окремих задач планування зразків озброєння та прийняття оперативних рішень на управління на основі експертного нечіткого оцінювання основних параметрів систем.

Мета статті полягає в визначенні методичного підходу опису природного розуміння нечіткості, нестохастичної невизначеності та функціонування складної системи в нечіткому нестохастично невизначеному середовищі, яке вони формують, що дозволяє висловити розуміння змісту впливу дій ОПР на досягнення кінцевого бажаного результату.

Вирішення поставленого завдання

В [2] визначено зміст терміну "методологія", а саме: "методологія – учение о методе научного познания мира" або "методологія – совокупность приёмов исследования, применяемых в какой-либо науке". На думку авторів, ці два тлумачення терміну "методологія" повністю співпадають та не викликають сумніву. Виходячи з цього, ОПР проводить аналіз проблеми, вирішення якої він передбачає, з точки зору його суб'єктивних знань та розуміння світових досягнень науки, які могли б бути йому корисними при визначенні сукупності прийомів дослідження, які б були спрямовані на вирішення цієї проблеми. З цією метою ОПР серед об'єктів матеріального миру суб'єктивно виділяє деяку цілісність – систему, під якою розуміють сукупність елементів (предметів) будь-якої природи, які можуть розглядатися в будь-яких відношеннях та зв'язках один з одним.

В залежності від змісту проблеми та суб'єктивного розуміння ОПР сукупності прийомів її вирішення, може бути введена ОПР до розгляду, з точки зору складності, та чи інша система.

В подальшому ОПР веде дослідження на цій системі, а результати досліджень потім переносять на реальне явище природи та вважає, що, в такому

розумінні, проблема вирішена. Звичайно, з метою вирішення простої проблеми ОПР введе до розгляду просту систему, а складної – складну систему.

При сучасному розумінні, прості системи – це такі, для яких ОПР може передбачувати поведінку її функціонування за зміною одного чи декілька параметрів, які її описують, зміст зміни її властивостей та її реакцій на зовнішні впливи. Тоді системи, для яких таке передбачення їх поведінки не є впевненим для ОПР, або практично є неможливим, вважають складними системами.

Важливо відзначити, що це визначено в будь-якому виданні приведеного переліку літератури. Складні системи характеризуються властивістю "тісноти" зв'язків між елементами та і самими зв'язками.

Для простих систем ОПР, що розглядає її функціонування, може визначити її структуру, тобто визначити кількість та зміст її елементів та наявність зв'язків між ними, які є стабільними. Для складних систем структура є мінливою. Тому в [1, 3 – 6, 9] при описі складних систем введено термін: **слабоструктурованої системи**.

Вище відзначено, що система, яку ввів до розгляду ОПР, функціонує за зміною параметру чи сукупності параметрів. Дослідження військово-технічних систем частіше проводиться при розгляді простих систем. Виходячи з того, що методологія це сукупність прийомів дослідження, при дослідженні військово-технічних систем, що відзначено в [7], прийнято розглядати наступні методологічні рівні аналізу систем: I рівень – "склад – властивості"; II рівень – "структура – функції"; III рівень – "організація – поведінка"; VI рівень – "мето система – діяльність". Приведені рівні відповідають зростаючій складності систем, які при цьому розглядаються.

При розгляді військово-технічних систем дослідження ведуться на другому та третьому методологічних рівнях. Це означає, що ОПР, при введенні до розгляду системи приймає принципи, які прийнято визначити як основні допущення при будь-якому розгляді, та які відповідають тим явищам природи, які визначають четвертий рівень "метасистема – діяльність", тобто визначають основну властивість складної системи – прийняття рішень. Якщо ОПР проводить дослідження, розглядаючи просту систему, а отримані результати він переносить на реальні явища природи, то звичайно, наскільки правомірними були припущення, які привели до розгляду простої системи – відповіді немає.

Щоб оцінити доцільність отриманого результату на основі розгляду простої системи ОПР формує розуміння ефективності функціонування простої системи, під якою розуміє відповідність бажаного результату, який може досягти система при її функціонуванні, та того результату, який отримано

за рахунок впливу зовнішнього середовища. Вплив зовнішнього середовища може бути описаний переліком факторів (чинників), які передбачає до врахування ОПР, при визначенні системи, яку він в подальшому розглядає. Бажаний результат функціонування системи є той, який дійсно досягається, описується скалярно або векторно. Чисельна міра відповідності бажаного та дійсного результату функціонування системи визначає показник ефективності функціонування системи, методи, а визначення показника ефективності залежать від природи отриманого результату.

Так, якщо результат функціонування системи є випадкова величина, то показником може виступати закон розподілу або числові характеристики цієї випадкової величини. Тобто, для військово-технічних систем ОПР оцінює досягнення мети функціонування системи по показнику ефективності.

Визначаючи мету функціонування, ОПР може висловити її як доцільне розподілення його ресурсу для досягнення заданого рівня результату функціонування системи. В такому разі він формує проблему та вводить до розгляду відповідну систему, яка визначена на відповідному переліку факторів, принципів та концепцій.

Системний підхід та системний аналіз будуть складати основу необхідної, при вирішенні цієї проблеми, методології дослідження. Одним із результатів дослідження може бути доцільне розподілення ресурсів, які має ОПР, в такому разі прийнята термінологія: управління функціонуванням простої системи. Якщо врахувати суттєві властивості складної системи (властивість визначати свою поведінку) то термін "управління функціонуванням", який є прийнятним для дослідження військово-технічних систем, які за визначенням вище, відповідають другому та третьому методологічним рівням аналізу простих систем, не може мати такого ж самого змісту при розгляді функціонування складних систем, що за класифікацією методологічних рівнів аналізу систем відповідають четвертому рівню "метосистема – діяльність".

На думку авторів, якщо ОПР ввів до розгляду деяку проблему та передбачає необхідність врахування, при реалізації системного підходу та системного аналізу для визначення змісту методології і вирішення цієї проблеми факторів політичної, економічної, соціальної, етнічної спрямованості, та ін., які складають визначеність відповідних метасистем може бути доцільним термін **"сприяння розумінню цілеспрямованої власної поведінки системи"**.

Якщо ОПР розглядає проблему, яка пов'язана з функціонуванням військово-технічних систем, та яка пов'язана з визначенням значення результату функціонування про прийнятому вимірюванню його при умові використання ОПР заданих ресурсів, то прийня-

яко таку задачу відносити до класу прямих задач теорії ефективності, якщо ОПР розглядає проблему, яка пов'язана з функціонуванням військово-технічних систем та яка пов'язана з визначенням мінімальних ресурсів, які повинен вкласти ОПР в систему для досягнення заданого рівня результату функціонування її по прийнятому ОПР вимірюванню при доцільному (оптимальному) розподіленні цих мінімальних ресурсів, то таку задачу прийнято відносити до класу зворотних задач теорії ефективності.

Виходячи із змісту зворотної задачі, в теорії ефективності користуються математичним терміном "операція". За визначенням операція – це система цілеспрямованих дій, об'єднаних єдиним задумом. Поняття операції об'єднує наступне розуміння: управляюча діяльність органа управління (центра, який приймає рішення, або ОПР), який організує операцію на основі вибору раціонального способу використання активних ресурсів для досягнення мети операції: ресурси (активні засоби, технічні системи), які є в розпорядженні органа управління та використовуються в операції у відповідності до обраного способу (стратегії) управління; другі системи, які безпосередньо взаємодіють з активними ресурсами до яких, частіше, відносять об'єкти, на які впливають активні ресурси та які належать іншим розпорядникам в операції. Ці три положення визначають зміст розуміння "мета – засоби – результат".

Класичним прикладом операції в математиці є відома задача лінійного програмування – задача про розподіл ресурсів в прямій та двойствінній постановці. Наприкінці 80-х років минулого сторіччя сформувався науковий напрям: системний аналіз ефективності функціонування систем та операцій.

Яку б проблему ОПР не розглядав, перше за все, він на основі системного підходу та системного аналізу визначає методологічний рівень її вирішення, який визначається необхідністю введення до розгляду системи. Зміст системи, за суб'єктивним судженням ОПР, передбачається, у відповідності до сучасного погляду, простою чи складною, в залежності від природи сукупності факторів, які необхідно враховувати.

При визначенні системного аналізу кожному фактору ставиться у відповідність змінна, яка, в залежності від природи фактору, може мати кількісну чи якісну природу, вона може бути визначеною чи невизначеною, а невизначеність може бути стохастичною або нестохастичною змісту. Відносно змісту змінних, що тут зазначено, ОПР тільки суб'єктивно може висловлювати судження.

Розглянемо більш загальний та складний випадок: при вирішенні проблеми ОПР необхідно визначитися щодо змісту складної системи. Він суб'єктивно визначає зміст функціонування складної системи в прогнозованій термін часу. В кожний

момент часу $t > t_0$ значення параметрів системи в своїй сукупності визначають її стан. Тому перше, в чому повинна визначитися ОПР, це прогнозовані значення змінних, яку б природу не висвітлювали їм відповідні фактори. Проте, названі значення змінних, які в сукупності визначають прогнозований стан складної системи на момент часу $t = t_0 + \Delta t$, де t_0 – момент часу прийняття рішення ОПР щодо стану складної системи на прогнозований термін часу τ , визначають зміст терміну функціонування складної системи в умовах невизначеності.

Якщо при прогнозуванні значення даної змінної, яка відповідає фактору, природа якого є кількісна, у відповідності до прийнятої в [5 – 12] термінології, вона є чіткою змінною. В [12] відзначено, що метод прогнозування чіткої змінної визначається вихідними даними відносно цієї чіткої змінної, якими володіє ОПР. Так, якщо вихідні дані складають статистику щодо значення цієї чіткої змінної достатнього обсягу, то прогнозування може бути проведене за методом найменших квадратів, якщо чітка змінна за своєю природою є не випадковою. Результати такого прогнозування можуть задовольнити ОПР, якщо він розглядає короткостроковий прогноз, бо основним недоліком метода найменших квадратів є прийняття незмінними умови функціонування складної системи до t_0 та при $t = t_0 + \Delta t$. Якщо ОПР розглядає значні за станом терміни часу τ , що відповідає змісту довгострокового прогнозування, то такий принцип (таке допущення) не може бути ним прийняте.

Якщо за своєю природою чітка змінна є випадковою величиною, то статистику ОПР може тлумачити як сукупність її можливих значень. Метод прогнозування тоді може бути пов'язаний з визначенням закону розподілу цієї випадкової величини за відомими статистичними критеріями згоди, або з визначенням статистичних оцінок її числових характеристик. При такому підході необхідна статистика, яка б нараховувала хоча б два, три десятка її вимірювань при $t < t_0$.

Якщо ОПР такого обсягу статистики не має або статистика зовсім відсутня, то прогнозування чітких змінних може бути визначене на основі постановки експертизи та обробки експертних даних. При організації експертизи розв'язується задача прийняття рішень $\langle \Omega, ОП \rangle$, де Ω – множина оцінок значень чіткої змінної, а ОП – принцип оптимальності, який висловлює визначення щодо найбільш точної оцінки. Практично кожний експерт розв'язує задачу прийняття рішень $\langle \Omega_{\text{екс}}, ОП_{\text{екс}} \rangle$, бо кожний експерт висловлює суб'єктивну думку щодо значення чіткої змінної, виходячи із свого суб'єктивного уявлення щодо множини можливих оцінок значень

чіткої змінної, та керується при цьому своїм правилом (принципом) оптимальності. Схему експертизи визначає ОПР, яка враховує: наявність зв'язку між експертами, наявність зворотного зв'язку, метод обробки експертних даних. При визначенні схеми експертизи ОПР керується бажанням: підвищення точності прогнозування оцінки значення чіткої змінної. Керуючись цим бажанням ОПР організує незалежну експертизу, тобто зв'язок між експертами відсутній, зворотній зв'язок відсутній, експертам пропонується висловити своє суб'єктивне судження відносно песимістичної, найбільш очікуваної та оптимістичної оцінки значення чіткої змінної. Конкретне значення оцінки чіткої змінної в подальшому ОПР буде визначати із інтервалу: "песимістична оцінка – оптимістична оцінка". Підвищення точності прогнозування оцінки значення чіткої змінної ОПР може передбачити іншим шляхом, зміст якого в тому, що прогнозоване значення чіткої змінної буде подаватися нечітким числом. Такий підхід полягає в наступному.

У відповідності до [9, 12], нечітке число \tilde{A} – це нечітка підмножина, яка характеризується функцією приналежності

$$\mu_{\tilde{A}} = \int \left(\mu_{\tilde{A}}(x) / x \right), \quad (1)$$

де $\mu_{\tilde{A}} \in [0, 1]$ – ступень приналежності $x \in R$ підмножини \tilde{A} ; \int – символ об'єднання за всіма $x \in R$.

Із означень (1) випливає, що нечітке число \tilde{A} на дійсній прямій випукле, тобто для будь-яких дійсних чисел $x, y, z \in R$ та $x \leq y \leq z$ маємо, що

$$\mu_{\tilde{A}}(y) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(z)),$$

та є нормальним, тобто $\max_{x \in R} \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$.

Експертні дані 1-го експерту щодо прогнозного значення k -ї чіткої змінної у вигляді: $C_k^{(1)} - \delta_1$ – песимістичної оцінки; $C_k^{(1)}$ – найбільш очікуваної оцінки; $C_k^{(1)} + \delta_2$ – оптимістичної оцінки усереднюються за прийнятими (за поглядами ОПР) ваговими коефіцієнтами експертів та покладаються в основу визначення трикутного нечіткого числа, функція приналежності якого має вигляд

$$\mu_{\tilde{A}} = \begin{cases} \left(x - (C_k^{(1)} - \delta_1) \right) / \delta_1, & \text{при } C_k - \delta_1 \leq x \leq C_k; \\ \left((C_k^{(1)} + \delta_2) - x \right) / \delta_2, & \text{при } C_k \leq x \leq C + \delta_2; \\ 0, & \text{при } 0 \leq x \leq C - \delta_1; \text{ при } x \geq C + \delta_2. \end{cases} \quad (2)$$

Прийнятий ОПР рівень функції приналежності $\mu_{\tilde{A}}(x) = \alpha$ дозволяє визначити чітку підмножину носія нечіткого трикутного числа \tilde{A} при рівні α

функції приналежності $\left\{ \overline{C}_k^{(\alpha)}, \underline{C}_k^{(\alpha)} \right\}$, яка відповідає

прогнозним рівням значень k -ї чіткої змінної.

Із викладеного вище матеріалу випливає наступне. Якщо розглядається чітка змінна та виходячи із природи фактора, якому вона відповідає, є не випадковою величиною або, якщо розглядається чітка змінна та, виходячи із природи фактору, якому вона відповідає, є випадковою величиною для якої відсутні статистичні дані (чи існують в обмеженому обсязі), то можливе прогнозування оцінок значення чітких змінних на основі подання прогнозованих оцінок **нечіткими підмножинами (нечіткими числами)** при заданих рівнях їх функцій приналежності.

Таким чином, при описі функціонування складних систем необхідно врахування ОПР чітких змінних, які можуть бути як не випадковими так і випадковими, визначається невизначеність, яка породжується невідомістю прогнозованих оцінок чітких змінних, а нечіткість пов'язана з бажанням ОПР отримати більш достовірні прогнози оцінки. При описі функціонування складної системи ОПР вимушений враховувати фактори нестохастичної природи (фактори політичної, економічної, соціальної, етнічної та ін. спрямованості) та які можуть бути як кількісного характеру так і якісного характеру. Прогнозні оцінки значень змінних, які відповідають цим факторам, можуть бути отримані тільки на основі їх нечіткого подання. Так, якщо розглядаються фактори, які породжують змінні якісної природи, то прогнозування оцінок їх значень можливе на основі введення лінгвістичних змінних. Тоді їх прогнози оцінки будуть відповідати чітким підмножинам носіїв нечітких змінних, які складають терм-множини відповідних лінгвістичних змінних, при прийнятих значеннях, відповідних для кожної нечіткої змінної функції приналежності.

Таким чином, при описі функціонування складної системи, ОПР формує середовище, яке в загальному випадку слід вважати **нечітким нестохастично невизначеним середовищем**.

Висновки

Методичний підхід опису функціонування складної системи необхідно визначити на розгляді **суб'єктивного розуміння змісту нечіткого нестохастично невизначеного середовища**, яке формується за об'єктивними законами. Визначення змісту середовища базується на **суб'єктивному баченні ОПР природи факторів**, які визначають функціонування складної системи.

Методичний підхід опису функціонування складної системи необхідно спрямовувати на **сприяння розумінню власної цілеспрямованої поведінки складної системи**.

Список літератури

1. Основи стратегічної національної безпеки та оборони держави: підручник / В.Г. Радецький, О.П. Дузь-Кротченко, В.М. Воробійов, В.П. Грищенко, Ю.Г. Даник та ін. – К.: НАОУ, 2009. – 596 с.
2. Малая советская энциклопедия, том 5. – М.: Государственное издательство "Большая советская энциклопедия", 1959. – 1306 с.
3. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой постановке / В.Б. Силов. – М.: ИНПФО-РЕС, 1995. – 228 с.
4. Пермяков О.Ю. Інформаційні технології і сучасна зброя боротба / О.Ю. Пермяков, А.І. Сбітнев. – Луганськ: Знання, 2008. – 204 с.
5. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеева, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 303 с.
6. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
7. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 томах. Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. / Т. Саати, К. Кермс. – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.
9. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / Т. Саати, К. Кермс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
10. Більчук В.М. Оцінка ефективності прийняття рішень щодо оперативного управління в умовах нестochasticної невизначеності інформаційного забезпечення / В.М. Більчук, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – № 1(13). – С. 2-9.
11. Більчук В.М. Методологічні підходи забезпечення переваги в операції при прийнятті рішення на її управління в умовах визначеності та невизначеності / В.М. Більчук // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2009. – Вип. 2(76). – С. 2-9.
12. Більчук В.М. Прийняття рішень щодо визначення перспективних зразків озброєння при нечіткому опису їх інформаційного ресурсу / В.М. Більчук // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС. – 2006. – № 4(8). – С. 124-130.
13. Більчук В.М. Метод формування доцільних стратегій модернізації та створення нових зразків озброєнь / В.М. Більчук // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС. – 2005. – № 2(2). – С. 39-46.
14. Гриб Д.А. Формування множини альтернатив доцільного складу структурних елементів угруповань, що залучаються до виконання завдань з використанням інтегрованої концептуальної класифікаційної моделі в системах підтримки управлінських рішень / Д.А. Гриб, І.Г. Дзеверін, О.В. Воробійов // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС. – 2008. – Вип. 4(16). – С. 107-109.
15. Дзеверін І.Г. Метод визначення впливу основних фізико-географічних факторів на формування доцільних структур та складу ОСШР з метою вирішення оперативних завдань в операційному районі / І.Г. Дзеверін, В.І. Ковальчук // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС. – 2007. – № 2(10). – С. 29-32.

Надійшла до редколегії 28.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ В НЕЧЕТКОЙ НЕСТОХАСТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

В.М. Бильчук, И.Г. Дзеверин, О.В. Воробьев

Предлагается методологический подход, который предусматривает субъективное понимание (видение) реального явления природы лицом принимающим решение на основе естественного или принятого толкования нечеткой нестochasticски неопределенной среды и раскрыто содержание описания функционирования сложной системы.

Ключевые слова: функционирование сложной системы, нечеткость, нестochasticская неопределенность.

METHODOICAL APPROACH OF DESCRIPTION OF FUNCTIONING OF DIFFICULT SYSTEM IN UNCLEAR UNSTOCHASTIC INDEFINITE ENVIRONMENT

V.M. Bilchuk, I.G. Dzeverin, O.V. Vorobiow

Methodological approach which foresees the subjective understanding (vision) of real nature phenomenon by person who is making decision on the basics of natural or accepted interpretation unclear unstochastic vagueness environment and maintenance of description of functioning of the difficult system is exposed is offered.

Keywords: functioning of the difficult system, unclearness, unstochastic vagueness.