

УДК 355.4

І. О. Кириченко

МЕЖІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ТАКСОНОМІЇ ДЛЯ ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЛУЖБОВО-БОЙОВИХ СИСТЕМ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Проаналізовано необхідні умови і межі застосування методу таксономії для порівняльного аналізу ефективності функціонування службово-бойових систем в умовах невизначеності. Аналіз здійснено на прикладі застосування методу таксономії для оцінки складності оперативної обстановки органами управління військової частини (з'єднання) внутрішніх військ в умовах виникнення масових заворушень.

Постановка проблеми. Організація службово-бойових, оперативно-службових та оперативно-розшукових дій сил охорони правопорядку потребує від плануючих органів урахування великої кількості чинників, які впливають на їх ефективність. Однак при такій складності організаційного процесу значного скорочення часу планування і водночас підвищення його ефективності можна досягнути шляхом застосування спеціальних математичних методів оброблення й узагальнення інформації, моделювання дій, що плануються, та оптимізації рішень, які приймаються, за допомогою сучасних інформаційних технологій.

При цьому потрібно враховувати, що кожний математичний метод обмежений чіткими рамками його застосування. Як відомо з практики, іноді ці обмеження ігноруються, внаслідок чого за ширмою, сплетеною із складних формул, приховуються недосконалі, малозначущі результати досліджень. Надмірна математична формалізація у сучасній військовій науці сьогодні стала гальмом у розвитку військової практики. Ця теза стосується всіх без винятку математичних методів і всіх без винятку осіб, що їх застосовують.

Одним із таких спеціальних методів, який потребує уточнення умов і меж його застосування, є метод таксономічного багатовимірного порівняльного аналізу [1].

У загальному випадку під таксономією розуміється теорія класифікації і систематизації складно організованих галузей діяльності, які мають ієрархічну будову. Походить від слова "таксон" – група дискретних об'єктів, які пов'язані загальними властивостями й ознаками, що дає підставу для надання їм визначеної таксономічної категорії – рангу [2]. Метод може застосовуватися не тільки під час порівняльного аналізу об'єктів у галузі біологічних, економічних, природничих, політичних наук, а й

під час дослідження систем військового призначення [3, 4], і зокрема службово-бойових систем (СБС).

У статті уточнюються межі застосування методу таксономії для аналізу ефективності функціонування СБС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Задачею таксономії (таксономічним завданням) називають один із способів розпізнавання образів – розділу кібернетики, що розробляє принципи і методи класифікації, а також ідентифікації предметів, явищ, процесів, сигналів, ситуацій – усіх тих об'єктів, які можуть бути описані кінцевим набором деяких ознак або властивостей, що характеризують об'єкт [5].

Опис об'єкта являє собою n -вимірний вектор, де n – кількість ознак, що використовуються для характеристики об'єкта, причому i -та координата цього вектора дорівнює значенню i -ї ознаки, $i = 1, \dots, n$. Якщо необхідно розподілити пред'явлені об'єкти по кількох групах (образах) тільки на основі їхніх описів, причому кількість груп не обов'язково відома, то така задача розпізнавання образів називається задачею таксономії (навчання без учителя). Для задач суто розпізнавання образів (навчання з учителем) крім опису об'єктів необхідні додаткові відомості про належність об'єктів до того або іншого класу (образу). Кількість класів кінцева і задана. Класи можуть перетинатися.

Сукупність описів об'єктів, що до них відомі образи, до яких вони належать, утворюють так названу навчальну послідовність (набір еталонів). Основне завдання розпізнавання образів полягає у тому, щоб виходячи з навчальної послідовності визначити клас, до якого належить опис деякого об'єкта, що підлягає класифікації або ідентифікації. До такої схеми зводиться будь-яке завдання прийняття рішень, якщо тільки процес прийняття рішення ґрунтується в основному на вивченні раніше накопиченого досвіду.

Одним із багатьох методів розпізнавання без учителя є метод таксономічного багатовимірного порівняльного аналізу, який було розроблено в галузі економетричного моделювання [1].

Метод таксономічного багатовимірного порівняльного аналізу у галузі військових наук найбільш повно викладено у науково-методичних працях професора В. Городнова [4, 6]. Теорія і практика оцінювання ефективності службово-бойової діяльності сил охорони правопорядку була доповнена новою класифікацією факторів, яка включає так звані екстрематори, стимулятори і дестимулятори, що відбивають характер їх впливу на ефективність функціонування СБС. З метою подолання труднощів, пов'язаних з необхідністю урахування значної кількості факторів, що впливають на ефективність процесів управління, було розроблено таксономічний метод парето-оптимізації.

Математична коректність, простота застосування методу, можливість інтерпретації результатів моделювання, наявність готових прикладних програм таксономічного аналізу дали імпульс багатьом дослідженням, які були проведені останнім часом.

Так, метод таксономічного багатовимірного порівняльного аналізу було конструктивно використано у Повітряних силах ЗС України, Державній прикордонній службі України, внутрішніх військах МВС України для вирішення широкого спектру науково-прикладних задач, зокрема таких, як:

– оцінювання ефективності службово-бойової діяльності частин і підрозділів, угруповань внутрішніх військ та військ у цілому (В. Воробйов, В. Городнов, О. Фик, О. Цис);

– оцінювання якості багатовимірного процесу підготовки спеціалістів (В. Воробйов, В. Городнов, В. Малюга);

– оцінювання ефективності організації взаємодії військових формувань та визначення пріоритетного ряду аналізованих варіантів організації взаємодії (В. Городнов, І. Кириченко, В. Тробюк);

– оцінювання важливості системи об'єктів, які мають різноманітний склад властивостей та ознак, що їх характеризують (В. Малюга, С. Лазебник, О. Місюра).

Таксономічний метод В. Плюта застосовано для оцінки можливостей угруповання внутрішніх військ щодо знешкодження незаконного збройного формування в умовах надзвичайного стану, зокрема для пошуку найбільш ефективного

варіанта побудови тактичної групи ВВ і відповідних йому значень ефективності та ризику у спеціальній операції (В. Городнов, І. Кириченко, В. Довбня).

Метод застосовано також для розробки раціонального інформаційного забезпечення процесів управління військами (силами) під час підготовки та ведення протиповітряної оборони (Г. Дробаха), автоматизованого синтезу адаптивної структури системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття повітряної операційної зони (М. Єрмошин).

Обмежений обсяг статті не дозволяє провести більш глибокий аналіз особливостей застосування методу для вирішення таких не схожих між собою наукових завдань, щоб показати універсальність і продуктивність наведеного методу. Достатньо лише зазначити, що згадані дослідження проводились в рамках семи кандидатських і двох докторських дисертацій.

Головною вимогою до параметрів об'єкта, що аналізується за допомогою зазначеного методу, є їх стохастична визначеність. Аналіз відомих автору успішних використань технології таксономії свідчить про те, що параметри аналізованих процесів були не тільки випадковими, а й стохастичними, тобто такими, що адекватно моделювалися за допомогою інструментарію теорії ймовірностей.

Першою невдалою спробою було використання цього методу в Академії внутрішніх військ МВС України для оцінювання рівня складності оперативної обстановки органами управління військової частини (з'єднання) внутрішніх військ в умовах виникнення масових заворушень [7].

Зараз уже відомо, що автори при вирішенні зазначеного наукового завдання відмовились від класичної технології таксономічного аналізу, на застосування якої претендували у більш ранніх своїх публікаціях [7], оскільки дійшли висновку, що аналізована предметна область виходить за припустимі межі застосування загальноприйнятих технологій таксономічного аналізу. Навколо цього факту у спеціалізованій вченій раді Академії внутрішніх військ МВС України виникла доволі гостра наукова дискусія. Складність і важливість предмета дискусії для розвитку теорії і практики службово-бойового застосування сил охорони правопорядку змусили автора перенести її на сторінки цього науково-практичного журналу.

Метою статті є визначення меж застосування класичного методу таксономічного порівняльного аналізу для аналізу ефективності функціонування СБС в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо можливості сучасної прикладної математики щодо її застосування для оцінки ефективності й оптимізації функціонування СБС.

Службово-бойові системи діють в умовах конфлікту; в основі їх функціонування лежать рішення командирів (оперативних начальників). Ця обставина обмежує можливість використання математичних методів для оцінювання оперативної обстановки та оптимізації рішень, які потребують нешаблонного мислення людини, її інтуїції. Тому математичні методи дозволяють тільки при цілком визначених припущеннях сформулювати модель явища, що вивчається, яка певною мірою відображає його сутність.

Математика лежить в основі автоматизації процесів вироблення рішень, що потребує установлення кількісних залежностей між елементами оперативної обстановки. Проте не всі процеси службово-бойових дій, у тому числі й процеси, що описуються кількісно, піддаються формалізації. Не можна, наприклад, погодитися з думкою про можливість адекватного формального опису такого процесу, як залежність перебігу та результату службово-бойових дій від морально-психологічних факторів. Такий невинуватий оптимізм щодо можливостей математики створює ілюзію про всесильність математичних методів, виключає з процесу прийняття рішення найважливіший його елемент – командира, дії якого є вирішальними і формалізації не піддаються.

Аналіз процесів службово-бойових дій у конфліктуючому середовищі свідчить про їх надзвичайну складність. Тому викликають заперечення твердження про можливість опису процесу службово-бойових дій тільки як стохастичного процесу, перебіг якого визначається законами теорії ймовірностей. Тут не враховується елемент невизначеності цілеспрямованих дій противника.

Незважаючи на високий рівень розвитку фундаментальної та прикладної математики, для її застосування вимагається глибоке проникнення у сутність процесів управління, законів управління та механізмів бойових дій. Більш категорична позиція О. С. Вентцель: “З двох альтернатив – математика без здорового глузду та здоровий глузд без математики перевагу, безумовно, треба віддати другій” [8].

Визначення меж застосування теорії ймовірностей для аналізу ефективності функціонування СБС в умовах невизначеності.

Управління службово-бойовими діями здійснюється в умовах невизначеності відносно параметрів зовнішнього середовища і поведінки суб'єктів службово-бойового впливу. Ця невизначеність набуває якісно іншого характеру при функціонуванні системи в умовах конфлікту, коли її метою є протидія, чи навіть порушення функціонування другої (конфліктуючої) системи, яка може мати прямо протилежні цілі.

Це потребує аналізу низки методологічних питань, пов'язаних перш за все з можливістю застосування теорії ймовірностей, а також аналізу конкретних умов, в яких виконуються службово-бойові завдання.

Межі застосування поняття ймовірності.

За сучасними уявленнями теорія ймовірностей – це математична наука, яка вивчає кількісну сторону закономірностей випадкових явищ (подій) масового характеру [9].

Випадковою є подія, яка за умов, що спостерігаються, може відбутись або не відбутись [10]. Випадковою величиною ξ є подія $\xi = x$, де x – дійсне число.

Безпосередній аналіз масових спостережень за випадковою подією, що нас цікавить, дозволяє виявити найпростіші із статистичних закономірностей, тобто знайти деякі вихідні ймовірності. Ймовірності більш складних явищ обчислюються за допомогою законів теорії ймовірностей. На основі цих обчислень роблять висновок щодо статистичних закономірностей, властивих складному явищу, що вивчається. Ймовірність – числова характеристика ступеня можливості появи якої-небудь цілком визначеної події у тих або інших цілком визначених умовах, які можуть повторюватися необмежену кількість разів.

Як категорія наукового пізнання поняття ймовірності відображає особливий тип зв'язків між явищами, які характерні для масових процесів. Таким чином, стохастичні закономірності ототожнюються із статистичними, тобто із закономірностями, які виявляються на основі уявних експериментів або натурних спостережень за ансамблем реалізації події, що вивчається. Теорія ймовірностей може бути застосована до такого типу випадкових явищ, для яких спостерігається стійкість частоти – відношення кількості випадків, у яких подія, що аналізується, виникає, до загального числа повторювань в однакових умовах, у яких вона

може виникнути. Випадкові події такого виду іноді називають стохастичними. Можливість багаторазового відтворення одних і тих же самих умов, що припускають здійснення події, обмежує коло явищ, до яких може застосовуватися поняття ймовірності.

Умови існування ймовірності. Далеко не всяка подія, поява якої при заданих умовах не є однозначно визначеною, має при цьому комплексі умов цілком визначену ймовірність. Припущення, що при заданих умовах для конкретної події ймовірність існує, є гіпотезою, яка у кожному окремому випадку потребує спеціальної перевірки або обґрунтування. Теорія ймовірностей – математична дисципліна, що заснована на визначеній сукупності аксіом. Загальноприйнятою є система аксіом, введена А. М. Колмогоровим [10]. При цьому ймовірність визначається аксіоматикою Колмогорова абстрактно. Разом з тим будь-яке застосування теорії ймовірностей вимагає введення ймовірності, адекватної процесу, що досліджується. Тому при аналізі можливості застосування теорії ймовірностей до конкретної предметної області необхідно насамперед установити відповідність системи аксіом теорії ймовірностей до процесів, що досліджуються.

Об'єктивна і суб'єктивна ймовірності. Ймовірність називається об'єктивною, якщо вона може бути обґрунтована за допомогою логіки або експериментально і відповідає реальному процесу. Математична ймовірність може використовуватися для формування кількісних оцінок ймовірностей подій, що містять якісні компоненти, які важко формалізуються. Проте у всіх випадках суб'єктивне рішення щодо надання певній події числового значення ймовірності має ґрунтуватися на деяких об'єктивних даних.

Унікальність подій. У природі є випадкові події, появу яких можна спостерігати тільки один раз. Такі події називаються одноразовими.

Наведемо ще одне висловлювання з цього приводу О. С. Вентцель: “Існують такі випадкові явища, для яких стійкість частот сумнівна чи просто не існує. Це такі явища, де безглуздо говорити про велику кількість однорідних дослідів, де не існує (або у принципі не може бути одержаний) досить великий масив статистичних даних. У подібних явищах теж можуть спостерігатись ті чи інші події, що представляються нам взагалі більш-менш вірогідними, але немає можливості приписати їм які-небудь визначені ймовірності. Але ступінь правдоподібності не є ймовірність!” [8]. Звернемо

увагу на те, що в концепції об'єктивної ймовірності проблема ймовірності одноразової події взагалі не розглядається, оскільки вважається, що у цьому випадку теорія ймовірності просто не може бути застосована [9]. Застосування концепції суб'єктивної ймовірності можливо для оцінки індивідуальних подій, проте це “не повинно давати приводу для думки, що математична ймовірність є тільки числовим вираженням нашої суб'єктивної впевненості у появі деякої події” [10].

Таким чином, якщо кожній елементарній події із повної множини подій (визначення якої саме по собі може виявитись надзвичайно складним або навіть неможливим) приписати деяку ймовірність, то теорія ймовірностей формально може бути застосована, але це не завжди можливо і не завжди виправдано.

Стохастична невизначеність. Випадкова величина називається стохастичною, якщо вона підкоряється певному закону розподілу. Якщо закон розподілу випадкової стохастичної величини відомий, то вона називається стохастично визначеною. Детерміновані величини є одночасно стохастично визначеними величинами, оскільки вони характеризують подію, ймовірність появи якої дорівнює одиниці. Якщо закон розподілу випадкової стохастичної величини не відомий, то вона називається стохастично невизначеною. Якщо ж закон розподілу випадкової величини не існує, то вона називається нестохастично невизначеною.

Отже, існує два види невизначеності – стохастична і нестохастична.

Якщо деякий параметр моделі є стохастично невизначеним, то потрібно докласти всіх можливих зусиль для того, щоб визначити закон розподілу даної випадкової величини. Але в реальних умовах це не завжди можливо.

Іншою складністю є те, що в реальних умовах практично всі параметри мають обмежений інтервал можливих значень. Тому, строго кажучи, вони повинні моделюватися усіченими законами розподілу, що значно ускладнює побудову емпіричних функцій розподілу.

І, нарешті, досить часто в реальних задачах доводиться використовувати дискретні, зокрема бінарні випадкові величини. Необхідність поєднання дискретних і безперервних випадкових параметрів в одній стохастичній моделі суттєво ускладнює процес аналізу ефективності функціонування СБС.

Нестохастична невизначеність. У процесах, які реалізуються під інтелектуальним впливом осіб, що приймають рішення, простір можливих подій необмежений і структуризації не підлягає; немає повторюваності подій – кожна подія унікальна; унікальність ситуацій спостерігається як у часі, так і у просторі; усереднення за ансамблем реалізацій нестійке, імовірності подій та ситуацій у частотній інтерпретації не існують. Саме ці властивості цілеспрямованих процесів в умовах конфлікту породжують їх нестохастичну невизначеність.

Аналіз ефективності СБС, що функціонують в умовах нестохастичної невизначеності, повинен здійснюватися іншими методами (методи теорії нечітких множин, методи інтервального аналізу, методи теорії штучного інтелекту, методи континуального лінійного програмування, методи експертного оцінювання тощо).

Визначення меж застосування методу таксономії для аналізу ефективності функціонування СБС в умовах невизначеності.

Таксономічний метод як один із методів розпізнавання образів без учителя ґрунтується на певній системі вихідних гіпотез та припущень.

Аксіома 1. Стан системи S однозначно визначається сукупністю ознак $X = \{x_j\}$. Набір ознак $\{x_j\}$ однозначно визначає стан системи S .

Аксіома 2. Кожна ознака $x_j \in X$ являє собою стохастично визначену безперервну випадкову величину.

Аксіома 3. Сукупність ознак є системою незалежних стохастично визначених випадкових величин.

Аксіома 4. Ранг стану системи визначається відношенням переваги

$$S_1(X_1) > S_2(X_2), \forall (X_1, X_2) \in X_1 \otimes X_2 \cap \{(X_1, X_2) : \bar{N}(X_1 - X_E) < \bar{N}(X_2 - X_E)\},$$

де X_E – сукупність ознак бажаного стану системи; $N(X)$ – евклідова норма вектора X ; \bar{N} – математичне сподівання вектора X .

Обчислювальна схема методу досить докладно викладена у багатьох джерелах, зокрема у [6]. Тому немає потреби наводити у цій статті строго математичну модель.

Методика розрахунків складається із чотирьох етапів:

1) формується матриця розмірності $(m \times n)$, де m – кількість порівнюваних об'єктів; n – кількість ознак кожного об'єкта;

2) шляхом лінійного перетворення вихідна матриця X трансформується в еквівалентну (стандартну) матрицю Z , де всі її елементи мають

нульове значення математичного сподівання, одичне значення середнього квадратичного відхилення і водночас є безрозмірними величинами;

3) у кожному стовпці еквівалентної матриці знаходиться елемент з “кращим” (максимальним чи мінімальним з урахуванням напрямку впливу стимуляторів та дестимуляторів) значенням серед усіх m одиниць сукупності, і таким чином формується ідеальна точка, у яку переноситься центр евклідової системи координат;

4) знаходиться відстань від кожної одиниці – точки досліджуваної сукупності – до ідеальної точки (еталона).

Задачу розв'язано. Чим менше значення цієї відстані, тим ближче багатовимірна одиниця знаходиться до ідеальної точки. Тому всі n -вимірні точки (об'єкти) можуть бути упорядковані за зростанням відстані до ідеальної точки.

Як було зазначено вище, спроба використання таксономічного підходу для визначення складності оперативної обстановки виявила певні проблеми, які для досліджуваних умов є загальними (саме ця обставина спонукала автора підготувати й опублікувати статтю).

Серед загальних проблем далі розглянемо: 1) проблему стохастичної невизначеності; 2) проблему нестохастичної невизначеності; 3) проблему параметризації якісних даних; 4) проблему врахування просторово-часових факторів; 5) проблему неадитивності; 6) проблему стандартизації даних; 7) проблему врахування важливості факторів; 8) проблему вибору ідеального образу (початку системи координат).

1. Проблема стохастичної невизначеності. Стохастична невизначеність – це вихідний стан усякого дослідження, яке конструктивно опирається на статистичні методи. Достовірність результатів такого дослідження у великому ступені залежить від того, у якому ступені ця невизначеність знята.

Як і в загальному випадку, в таксономічних моделях всі параметри мають обмежений інтервал можливих значень і повинні моделюватися усіченими законами розподілу; в них використовуються як безперервні, так і дискретні детерміновані та випадкові величини.

В умовах стохастичної невизначеності одним із підходів до розв'язання задач оцінки ефективності СБС є використання принципу мінімаксу, відповідно до якого раціональною є така оцінка, що забезпечує найбільше значення показника ефективності системи із множини його значень,

що є найменшими у стохастичному просторі, обмеженому відомими апіорними та одержаними в процесі спостереження апостеріорними даними. Однак для аналізу цілеспрямованих процесів використання класичного бейєсівського підходу значно ускладнено.

Використання принципу мінімаксу дозволяє застосовувати ефективні детерміновані математичні моделі оптимізації, наприклад метод континуального лінійного програмування [11].

2. Проблема нестохастичної невизначеності. Для подій, що фіксуються і повинні бути враховані в моделі, визначити ймовірність неможливо, оскільки вони пов'язані з інтелектуальними аспектами поведінки організованого і керованого натовпу. Теорія ймовірностей – це інструмент для опису, моделювання нецілеспрямованих (!) процесів, які характерні природі.

Стосовно ж опису стохастичними моделями поведінки великого скупчення людей (натовпу), то це можливо, якщо цілі осіб, що складають натовп, різні і незалежні. У цьому випадку натовп являє собою стохастичну нецілеспрямовану систему. Якщо ж більшість осіб натовпу мають одну загальну мету (наприклад, пройти у метро через турнікет), то в такому випадку теорія ймовірності може бути застосована (моделі масового обслуговування). У випадку ж, коли натовп має протиправну чи навіть агресивну мету і він керується організаторами масового заворушення залежно від обстановки, достовірно спрогнозувати поведінку такої системи формальними математичними методами неможливо. А саме таку властивість має натовп в умовах масових заворушень.

Основним і, мабуть, єдиним розумним підходом до розв'язання задач в умовах нестохастичної невизначеності є використання принципу гарантованого результату, відповідно до якого оптимальним (раціональним) є таке рішення, яке забезпечує найбільше (найменше) значення показника ефективності системи за умови, що нестохастичні параметри вибираються противником таким чином, щоб у найбільшому ступені досягнути своїх цілей.

Як і в попередньому випадку, використання принципу гарантованого результату дозволяє застосовувати ефективні детерміновані математичні моделі оптимізації. Проте слід зазначити, що оптимальні гарантовані стратегії є надмірно “обережними” стратегіями, результат, який вони гарантують, може бути вельми

незначний. Тому такі стратегії можуть бути лише орієнтиром для вироблення рішень командиром.

3. Проблема параметризації якісних даних. У [6] зазначено: “...перелік параметрів і факторів необхідно визначати в кількісних одиницях для кожної групи військових частин, що дозволить перейти від теорії до практики оцінки ефективності.” На жаль, факторний простір включає як безперервні, дискретні кількісні, так і якісні фактори. Цим порушується друга аксіома.

4. Проблема врахування просторово-часових факторів. Таксономічна модель – це інструмент для точкових оцінок. Масове ж заворушення – це процес, параметри якого змінюються у просторі та часі. Конструктивні рекомендації щодо способів аналізу в межах даної моделі багатовимірних часових рядів, або безперервних випадкових процесів автору невідомі.

5. Проблема неадитивності. В описі факторного простору існують ситуації, коли: 1) сума значень двох різних параметрів не має сенсу; 2) сума двох значень одного параметра не має сенсу.

6. Проблема стандартизації даних. У таксономії всі параметри повинні мати однакову розмірність; їх абсолютні значення мають бути одного порядку. Стандартизацію параметрів виконують шляхом переходу до нормованих безрозмірних значень. З цією метою від кожного параметра віднімають значення його математичного сподівання й отриманий результат ділять на значення середньоквадратичного відхилення цього параметра.

Процес, що стандартизується, має принаймні три складники: невідомий тренд, що характеризує тенденцію поведінки натовпу; послідовність непередбачуваних подій, пов'язаних із тактикою дій ініціаторів та керівників масових заворушень, які зовнішньо можуть ідентифікуватися як випадкові; випадковий процес, що характеризує похибки вимірювань (оцінки) значень параметрів таксономічної моделі.

Таким чином, маємо суміш детермінованого тренду, що цілеспрямовано змінюється, стохастичного процесу виміру і нестохастичного випадкового (непрогнозованого) процесу цілеспрямованих дій противника, виокремити які неможливо. Приведення ж такого складного процесу до стандартного значення з нульовим математичним сподіванням і одиничною дисперсією може створити небезпеку втрати

важливої інформації і як наслідок – прийняття неефективних чи навіть помилкових рішень.

7. Проблема врахування важливості факторів. Метод таксономічного аналізу розроблено з припущенням, що всі показники є однаково важливими. В реальних умовах ефективність функціонування СБС залежить не тільки від значень параметрів, а й від характеру впливу кожного з факторів.

8. Проблема вибору ідеального образу (початку системи координат). Для розрахунку таксономічної відстані і порівнювання між собою різних станів об'єкта моделювання (реалізацій процесу, що моделюється) визначається еталонна точка, яка вибирається як початкова точка евклідової системи координат.

Згідно з п. 3 методики у факторному просторі вибирається ідеальна точка – її “краще” (максимальне чи мінімальне з урахуванням напрямку впливу стимуляторів та дестимуляторів) значення. Ця точка ототожнюється з ідеальним (не існуючим) багатовимірним об'єктом з найбільш придатними незалежно існуючими в реальності значеннями параметрів, і центр системи координат переноситься в точку, яка відображає цей умовний об'єкт. Тобто за еталон вибирається ситуація, яка в реальності не існувала та, можливо, і не буде існувати. Тому побудований таким чином варіаційний ряд рангів також буде умовним.

Деякі способи розширення меж застосування методу таксономії в умовах стохастичної невизначеності.

Розглянемо один спосіб коректного застосування методу таксономії в умовах стохастичної невизначеності при розробленні методики оцінювання рівня складності оперативної обстановки в умовах виникнення масових заворушень [12].

Автором [12] сформовано й обґрунтовано перелік елементів оперативної обстановки – факторів, від яких залежать зміни у стані оперативної обстановки. Всього автором вибрано 26 параметрів (ознак), 5 із них – кількісні, 4 – дискретні, 17 – бінарні. Ці три типи параметрів можна розглядати як дискретно визначену величину з однаковою кількістю дискретних значень q (для умов, що розглядаються в [12], $q = 4$).

У загальному випадку кожна ознака j об'єкта і може приймати лише одне із q значень $x_{ijk} \in \{f_{j1}, f_{j2}, \dots, f_{jq}\}$, $0 < f_{j1} \leq f_{j2} \leq \dots \leq f_{jq}$. Тому множина чисел $\{x_{ij1}, x_{ij2}, \dots, x_{ijq}\}$ має лише один

ненульовий елемент, інші елементи цієї множини дорівнюють нулю.

Таким чином, вихідні дані моделі можуть бути подані тривимірною (трьохіндексною) матрицею $X = \{x_{ijk}\}$ вимірності $(m \times n \times q)$, де m – кількість порівнюваних об'єктів; n – кількість ознак кожного об'єкта; q – кількість дискретних значень кожної ознаки. У кожній колонці (i, j) міститься лише одна компонента, що має ненульове значення, причому порядковий номер ненульової компоненти є випадковим. Тоді, якщо вибірка багатовимірних об'єктів дорівнює m , то кожна ознака j є випадковою дискретною величиною, що приймає значення з множини $\{f_{j1}, f_{j2}, \dots, f_{jq}\}$ з

випірковим законом розподілу $f_{jk} = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^m x_{ijk}$,

$\sum_{k=1}^q f_{jk} = 1$, $j = 1, 2, \dots, n$, де f_{jk} – оцінка ймовірності того, що ознака j довільного об'єкта буде мати числове значення f_{jk} , і математичним

сподіванням $\bar{x}_j = \sum_{k=1}^q f_{jk} f_{jk}$.

У зв'язку з цим евклідова відстань між деякою детермінованою еталонною точкою та точкою, що визначає об'єкт i у факторному просторі

$R_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^q x_{ijk} - x_e \right)^2}$, також є дискретною

випадковою величиною з математичним

сподіванням $R_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^q f_{jk} x_{ijk} - x_e \right)^2}$.

Позначимо: $\arg(p_j^{\min}) = \min_{p_{jk} > 0} \{p_{jk}\} = k_j^-$,

$\arg(p_j^{\max}) = \max_{k=1}^q \{p_{jk}\} = k_j^+$, $j = \overline{1, m}$.

Тоді таксономічна відстань

$R_i(P_{\min}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^q x_{ijk_j^-} - x_e \right)^2}$ реалізується з

найменшою ймовірністю $P_{\min} = \prod_{j=1}^n p_j^{\min}$, а

таксономічна відстань

$R_i(P_{\max}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^q x_{ijk_j^+} - x_e \right)^2}$ – з найбільшою

ймовірністю $P_{\max} = \prod_{j=1}^n p_j^{\max}$.

Наведені міркування дають підстави для формулювання системи аксіом удосконаленого таксономічного методу, що припускає

багатовимірний порівняльний аналіз об'єктів з дискретними ознаками в умовах їх стохастичної невизначеності.

Аксиома 1. Стан системи S однозначно визначається сукупністю ознак $X = \{x_j\}$. Набір ознак $\{x_j\}$ однозначно визначає стан системи S .

Аксиома 2. Кожна ознака $x_j \in X$ являє собою стохастично невизначену дискретну випадкову величину з невідомим законом розподілу $\{P(\xi_{jk} = x_{jk}) = p_{jk}\}, k=1,2,\dots,q (\sum_{k=1}^q p_{jk} = 1)$.

Аксиома 3. Сукупність ознак є системою незалежних стохастично невизначених дискретних випадкових величин.

Аксиома 4. Ранг стану системи визначається трьома показниками: найбільш імовірною, найменш імовірною та середньою евклідовою відстанями від кожної одиниці – точки досліджуваної сукупності – до ідеальної точки.

Методика розрахунків складається з чотирьох етапів.

1. *Формування вихідних даних.* Формується трьохіндексна матриця $X = \{x_{ijk}\}$ вимірності $(m \times n \times q)$, де m – кількість порівнюваних об'єктів; n – кількість ознак кожного об'єкта; q – кількість дискретних значень кожної ознаки.

2. *Нормування та стандартизація даних.* Квантиль $K_j^{\text{sup}}(r_1, a, r_2) = a + \sigma^{\text{max}}(r_1, a, r_2)$, розмір якого серед усіх можливих функцій розподілу (ФР) визначає множину ФР випадкової величини, що розподілена в інтервалі $[r_1, r_2]$ ($r_1 < a < r_2$), з математичним сподіванням, a і максимальним значенням дисперсії $\sigma^{\text{max}}(r_1, a, r_2) = \sqrt{(a - r_1)(r_2 - a)}$, назовемо гіперквантилем.

Величина $\sigma^{\text{max}}(r_1, a, r_2)$ знаходиться шляхом розв'язання задачі континуального лінійного програмування: знайти функцію $x^*(t)$, що максимізує функціонал $\sigma^2(x) = \int_{r_1}^{r_2} t^2 x(t) dt$ за умов $\int_{r_1}^{r_2} t x(t) dt = 0$, $\int_{r_1}^{r_2} x(t) dt = 1$, $x(t) \geq 0, t \in [r_1, r_2]$. Можна показати [11], що $\sigma^2(x^*) = (a - r_1)(r_2 - a)$, тобто $\sigma^{\text{max}}(r_1, a, r_2) = \sqrt{(a - r_1)(r_2 - a)}$.

При нормуванні даних вихідна матриця X трансформується в еквівалентну матрицю Z шляхом ділення кожного її елемента на значення гіперквантиля

$$Z_{ijk} = \frac{x_{ijk}}{K_j^{\text{sup}}(r_{1j}, \bar{x}_j, r_{2j})} = x_{ijk} \left(\bar{x}_j + \sqrt{(\bar{x}_j - \min_{i=1}^m \min_{k=1}^q \{x_{ijk}\})(\max_{i=1}^m \max_{k=1}^q \{x_{ijk}\} - \bar{x}_j)} \right)^{-1}$$

3. *Визначення еталонної точки.* У кожній підматриці $Z_j = \{z_{ijk}\}$ еквівалентної тривимірної матриці Z відшукується елемент з максимальним чи мінімальним, з урахуванням напрямку впливу стимуляторів та дестимуляторів, значенням серед усіх m одиниць сукупності, і таким чином формується ідеальна точка, у яку переноситься центр евклідової системи координат.

4. *Обчислення рангу об'єктів.* Обчислюються найбільш імовірні, найменш імовірні та середня таксономічні евклідові відстані від кожної одиниці – точки досліджуваної сукупності – до ідеальної точки.

Автор вдячний капітану С. Белаю та його науковому керівнику – кандидату технічних наук, старшому науковому співробітнику, підполковнику В. Бацамуту за дозвіл скористатися результатами, що були отримані у процесі дисертаційних досліджень, для узагальненого формулювання застосованих ними способів розширення можливостей методу таксономії в умовах стохастичної невизначеності.

Висновки

Викладене дозволяє зробити такі висновки: 1) імовірністю володіють тільки масові випадкові події із стійкою частотою; 2) питання про ймовірність тієї чи іншої події має смисл у точно визначених умовах; 3) поняття ймовірності може бути застосовано тільки до таких подій, які можуть бути повторені без зміни умов досліду (експерименту); 4) припущення про те, що за даних умов для випадкової події є стійка частота, а отже, і ймовірність, мають бути кожного разу спеціально перевірені й обгрунтовані; 5) підставою для застосування теорії ймовірностей є відповідність системи її аксіом конкретним умовам; 6) доцільність застосування теорії ймовірностей в умовах нестохастичної невизначеності у кожному випадку повинна бути обгрунтованою.

Шаблонне використання таксономічного підходу до визначення складності оперативної обстановки в умовах нестохастичної невизначеності породжує такі проблеми: 1) параметризації якісних даних; 2) невизначеності даних; 3) урахування просторово-часових факторів; 4) неадитивності; 5) стандартизації даних; 6) урахування важливості факторів; 7) вибору ідеального образу.

Метод таксономії може бути розповсюджено на умови стохастичної невизначеності ознак, що характеризують стан кожного аналізованого об'єкта.

Список використаних джерел

1. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / В. Плюта. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 176 с.
2. Украинская советская энциклопедия. – К. : Гл. ред. УСЭ, 1984. – Т. 11. – С. 34.
3. Загорка О. М. Елементи дослідження складних систем військового призначення / О. М. Загорка, С. П. Мосов, А. І. Сбитнев, П. І. Стужу. – К. : НАОУ, 2005. – 124 с.
4. Воробьев В. И. Таксономический показатель уровня эффективности применения частей и подразделений внутренних войск МВД Украины / В. И. Воробьев, В. П. Городнов, О. В. Фык // Системы обработки информации: сб. науч. пр. ХВУ. – 2003. – Вып. (5). – С. 96–104.
5. Математический энциклопедический

словарь / [гл. ред. Ю. В. Прохоров]. – М. : Сов. энциклопедия, 1988. – 846 с.

6. Городнов В. П. Проблемы щодо оцінювання ефективності службово-бойової діяльності частин і підрозділів внутрішніх військ та принципи їх вирішення / В. П. Городнов, В. І. Воробйов, О. І. Цис // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2007. – № 1. – С. 13–23.

7. Белай С. В. Таксономічні підходи до оцінювання складності оперативної обстановки в умовах можливого виникнення масових заворушень / С. В. Белай // Зб. наук. пр. НА ДПС України. – № 39. Ч. II. – Хмельницький : Вид. НА ДПС України ім. Б. Хмельницького, 2007. – С. 8–11.

8. Грекова Е. С. Методологические особенности прикладной математики на современном этапе ее развития / Е. С. Грекова // Вопр. философии. – 1976. – № 6.

9. Майстров Л. Е. Развитие понятия вероятности / Л. Е. Майстров. – М. : Наука, 1980. – 150 с.

10. Колмогоров А. Н. Вероятность / А. Н. Колмогоров // Математическая энциклопедия. – Т. I. – 1979.

11. Кириченко І. О. Континуальное линейное программирование / І. О. Кириченко, Л. Г. Раскин. – Харьков : ВИ ВВ МВД Украины, 2005. – 175 с.

12. Белай С. В. Методика прогнозування рівня складності оперативної обстановки штабом військової частини внутрішніх військ в умовах виникнення масових заворушень / С. В. Белай // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2008. – № 4. – С. 25–30.

Стаття надійшла до редакції 09.11.2008 р.