ОПТИМИЗАЦИОНЕН ПОДХОД ЗА ИЗБОР НА СИТУАЦИОННИ СЦЕНАРИИ

Ст.н.с. II ст. д-р Цветомир Цачев[70]

При стратегическото (дългосрочното) планиране на силите в сектора за сигурност основополагаща роля играят ситуационните сценарии. Те задават основните задачи (мисии) на силите за отразявяне на съответните заплахи (предизвикателства), съдържащи се във всеки от сценариите. Процесът на планиране започва със съставянето на изчерпателен списък от ситуационни сценарии, отразяващ в максимална възможна степен заплахите (предизвикателствата), пред които страната би могла да се изправи през периода, обхванат от планирането. Тук се включват както заплахи (предизвикателства), за които е сигурно, че ще трябва да бъдат посрещани, така и такива, за които в момента се смята, че са с малка вероятност (likelihood) за сбъдване. Поради факта, че детайлната обработка на голям брой сценарии е много ресурсоемка, целесъобразно е да се подберат (за да бъдат детайлно разработени) сравнително малък брой сценарии.

Тук ще предложим един количествен подход за избор на няколко от всичките ситуационни сценарии, които да бъдат детайлно разработени.

Основно понятие в планирането на силите е понятието „**способност**“. Способностите, необходими за отразяването на даден сценарий (изпълнението на дадена мисия), се определят от (под) задачите, произтичащи от сценария (мисията). В едни случаи изпълнението на дадена задача предопределя съществуването на (бойна) единица. Например, за да имаме способността „почистване на минни полета“, е необходимо да разполагаме със сапьорни единици в структурата на нашите сили. В други случаи изпълнението на дадена задача може да се осъществи както със собствени сили, така и чрез директно купуване на необходимата способност. Например, за да имаме способността „транспортиране на личен състав и оборудване“, бихме могли както да разполагаме с подходящ собствен военно-транспортен самолет, така и да платим на външен изпълнител транспортната услуга.

За да предложим подхода за избор на няколко от всичките ситуационни сценарии, необходимо е да дефинираме **количествен измерител** на всяка способност. Това може да се извърши по различни начини. Следните два начина бяха предложени от д-р В. Ноненмахер, Германия, в неговите доклади на Семинара по Разработване на Сценарии в ИПОИ-БАН, 11–13 октомври 2007 г. Тук ще ги представим с примера за способността „*почистване на минни полета*“.

Нека да ни е дадена задачата „*да се почистят 1500 м*^{2} *минни полета за 2 дена*“.

Един възможен измерител е „*м*^{2} *минни полета, почистени за 1 ден*“.

В този измерител ни трябват 750 единици от способността, за да изпълним задачата.

Нека разполагаме с информацията „*един взвод сапьори може да почисти 1000 м*^{2} *минни полета за 1 ден*“.

Тогава друг възможен измерител е „*брой сапьорски взвод–дни*“.

В този измерител ни трябват 0.75 единици от способността, за да изпълним задачата.

Разбира се, двата измерителя са свързани: 1 единица от разглежданата способност във втория измерител е равна на 1000 единици от същата способност в първия измерител. Вторият измерител обаче включва определена единица от структурата на силите (сапьорски взвод) и това ни доближава до планирането на силите.

При определянето на количеството на редица способности за водене на сражение с конвенционални сили, съответният измерител е от типа „*брой собствени бойни формирования (например – стандартни бригади)*“. В. Ноненмахер (Семинар по Разработване на Сценарии, ИПОИ-БАН, 11–13 октомври 2007 г.) отбелязва, че в зависимост от конкретния сценарий (атака, отбрана, сражение в гориста местност, сражение в открита местност) често се налага да се направи симулация, за да се определи необходимото ниво на дадена способност в такъв измерител. По този начин определянето на необходимото количество от всяка способност и планирането на структурата на силите вървят паралелно.

[70] Ст. н. с. II ст. д-р Цветомир Цачев е изследовател в секция „Изследване на операциите“ към Института по математика и информатика на Българската академия на науките.

Нека ни е даден един списък от n на брой сценария и един списък от m на брой способности. Списъкът от m на брой способности е изчерпателен в смисъл, че той включва всички способности, необходими за отразяването на който и да е от сценариите. Нека необходимото ниво на *k*-тата способност (измерено в съответния измерител) за отразяването на *i*-тия сценарий е l_{ik}, $i = 1, 2,..., n$; $k = 1, 2,..., m$. Можем еднозначно да опишем *i*-тия сценарий чрез вектора ($l_{i1}, l_{i2}, \dots , l_{im}$) от *m*-мерното пространство. Това представяне на всеки от сценариите ни позволява да дефинираме **разстояние** между всеки два от тях: разстоянието между *i*-тия и *j*-тия сценарий е числото

$$\left\{\sum_{k=1}^{m}(l_{ik}-l_{jk})^2\right\}^{1/2} ,$$

което от тук нататък ще означаваме с d_{ij} за $i, j = 1, 2, \dots , n$.

Да дадем един пример: Нека имаме общо 10 способности ($m = 10$) и нека два сценария са представени със следните два вектора:

(2.1, 0, 0, 3, 5.3, 0, 0, 0, 0, 8)
(1.8, 2, 0, 0, 0, 4.7, 0, 0, 1, 0).

Това представяне на двата сценария означава, освен всичко останало, че способности с номера 2, 3, 6, 7, 8 и 9 не са необходими за отразяването на първия сценарий, а способности с номера 3, 4, 5, 7, 8 и 10 не са необходими за отразяването на втория сценарий. Освен това и за двата сценария е необходима способност 1, но необходимото количество (ниво) от нея е различно за двата сценария.

Разстоянието между двата сценария е

$$\{(2.1 - 1.8)^2 + (0 - 2)^2 + (0 - 0)^2 + (3 - 0)^2 + (5.3 - 0)^2$$
$$+(0 - 4.7)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 1)^2 + (8 - 0)2\}^{1/2},$$

което е приблизително равно на 11,3256.

Да наречем **разстояние** от дадено множество сценарии до определен сценарий най-малкото от всичките разстояния между този определен сценарий и всеки от сценариите от множеството;

Вече можем да формулираме оптимизационния подход (в три разновидности, две от които доста сходни) за избор на няколко от всичките ситуационни сценарии. Ще формулираме три оптимизационни задачи, като някои от параметрите в тях трябва да бъдат зададени по експертни преценки. За първите две от тях предполагаме, че е преценено, че трябва да бъдат избрани не повече от *b* на брой сценария. Предполагаме, че е изпълнено $b < n$. При изследвания като настоящото, когато някои от параметрите се задават от експерти, е интересно да се сравнят резултатите, получени при различни стойности на тези параметри, в случая – *b*.

Формулировките на двете задачи са съответно:

Да се изберат не повече от b на брой от всичките ситуационни сценарии така, че сумата от разстоянията от множеството избрани сценарии до всеки от неизбраните сценарии да е минимална;

и

Да се изберат не повече от b на брой от всичките ситуационни сценарии така, че най-голямото от разстоянията от множеството избрани сценарии до всеки от неизбраните сценарии да е минимално.

Казано с други думи, искаме да разработим не повече от *b* на брой сценария (от изчерпателния списък на всички ситуационни сценарии), така че сценариите, които не разработваме, да са „най-близо“ до разработените (общо всичките неразработени, в първата формулировка; „най-отдалеченият“ неразработен да е „най-близо“, във втората формулировка).

За формулировката на третата оптимизационна задача предполагаме, че ни е дадено (пак по експертна преценка) положително число *r*. То има следния смисъл: Искаме, след като изберем няколко от всичките ситуационни сценарии, за всеки от неизбраните сценарии да има поне един избран сценарий, който да е на разстояние от него (неизбрания) не повече от *r*. Оптимизационната задача се формулира така:

Да се изберат минимален възможен брой от всичките ситуационни сценарии така, че за всеки от неизбраните сценарии да има поне един избран сценарий, който да е на разстояние от него (неизбрания) не повече от r.

Казано с други думи, искаме да разработим минимален възможен брой от всичките ситуационни сценарии така, че всеки от неизбраните сценарии да е „близо„ (на разстояние не повече от *r*) от поне един разработен сценарий.

Така формулираните три (първите две от които доста сходни) задачи са задачи на линейно програмиране и техните математически формулировки са дадени съответно в Добавка 2, Добавка 3 и Добавка 4. В Добавка 1 е дадено описание на използваните означения за тези формулировки. Това са стандартни оптимизационни задачи и биха могли да бъдат решавани с програмни продукти, които се разпространяват свободно. Такива са например пакетите GLPK и LpSolve.

Както във всеки реален процес на вземане на решение (тук – избор на няколко от всичките ситуационни сценарии), решаването само на една оптимизационна задача е едностранчив подход. Обикновено съществуват повече от един критерий за оптималност. В такива случаи може да се прилага многокритериална оптимизация. Съществуват редица други количествени методи за избор на подмножество на дадено множество. Прилагането им за избор на няколко от всичките ситуационни сценарии зависи от умението ни да опишем (характеризираме) количествено ситуационните сценарии.

Добавка 1

Описание на използваните означения:

n – данна, брой на всичките ситуационни сценарии;

m – данна, брой на всичките различни способности;

l_{ik} – данна, необходимото ниво от *k*-тата способност в i-тия сценарий;

d_{ij} – данна, пресмята се от l_{ik}, $i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m;$

b – данна, максимален брой разработвани сценарии, от експертна оценка;

r – данна, максимално разстояние до неразработван сценарий, от експертна оценка;

x_i – двоична променлива, приема стойност 0, ако i-тият сценарий не е избран, и стойност, 1 ако i-тият сценарий е избран;

y_{ij} – двоична променлива, приема стойност 1, ако разстоянието от i-тия сценарий до j-тия сценарий е взето предвид, защото е изгодно за целите на задачата; приема стойност 0 в противен случай;

υ – изкуствена променлива;

Добавка 2

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} d_{ji} y_{ji} \rightarrow \text{минимизирай}$$

при ограничения

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} y_{ji} = 1 - x_i \text{ за } i = 1, 2, \dots, n;$$

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} y_{ij} \leq (n-1)\, x_I \text{ за } i = 1, 2, \dots, n;$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_I \leq b;$$

$$x_i \in \{0, 1\} \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$
$$y_{ij} \in \{0, 1\} \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n; j = 1, 2, \ldots, n.$$

Добавка 3

$$\upsilon \to \text{ минимизирай}$$

при ограничения

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} y_{ji} = 1 - x_i \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} y_{ij} \leq (n-1)\, x_I \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$

$$\sum_{j=1}^{n} d_{ji} y_{ji} \leq \upsilon \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \leq b;$$

$$x_i \in \{0, 1\} \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$
$$y_{ij} \in \{0, 1\} \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n; j = 1, 2, \ldots, n.$$

Добавка 4

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \to \text{ минимизирай}$$

при ограничения

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} y_{ji} = 1 - x_i \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} y_{ij} \leq (n-1)\, x_I \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$

$$\sum_{j=1}^{n} d_{ji} y_{ji} \leq r \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$

$$x_i \in \{0, 1\} \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n;$$
$$y_{ij} \in \{0, 1\} \text{ за } i = 1, 2, \ldots, n; j = 1, 2, \ldots, n.$$