

Z. M. MƏMMƏDOV, Z. İ. HACIYEV, texnika e.n.; A. F. NAĞIYEV

Heydər Əliyev adına AAHM

## HAVADAN HÜCUM HƏDƏFLƏRİNİN ZENİT KOMPLEKSLƏRİ ARASINDA OPTİMAL BÖLÜŞDÜRÜLMƏSİ

Məqalə düşmənin hava hədəflərinin aktiv döyüş vasitələri arasında optimal bölüşdürülməsi məsələsinin modelləşdirilib həll edilməsinə həsr olunub.

Müasir şəraitdə döyüş əməliyyatlarının nəticəsi qoşunların idarə edilməsi sistemlərinin cəldliyi və operativliyi ilə müəyyən edilir. Hal-hazırda döyüş məsələlərinin optimal həlli zabit-taktiklərin, riyaziyyatçıların və mühəndis-proqramlaşdırıcıların ümumi səyi ilə qabaqcadan hazırlanmış alqoritmlərə əsasən elektron hesablama maşınlarında yerinə yetirilir. Bu işə döyüş əməliyyatlarının idarə olunmasında avtomatlaşdırmanın zəruriliyini bir daha əsaslandırır.

Havadan hücum hədəflərinin aktiv döyüş vasitələri arasında bölüşdürülməsi məsələsini həll etməzdən əvvəl hədəflərin aşkar edilməsi zəruridir.

Bildiyimiz kimi hava hədəfləri haqqında RLS məlumatının ilkin emalından alınan nəticələrdə əsasən hədəfdən əks olunan təsadüfi siqnalın xarakteri ilə izah edilən xətalər olur. İlkin emal nəticəsində hədəfin hərəkəti (sürət, kurs və s.) haqqında yanlış məlumatlar əldə edilir. Hədəfin mövcudluğu haqqında düzgün məlumatın əldə edilməsi, yəni onun hərəkət parametrlərinin dəqiq təyin edilməsi alınan məlumatın ikinci emalını tələb edir [1].

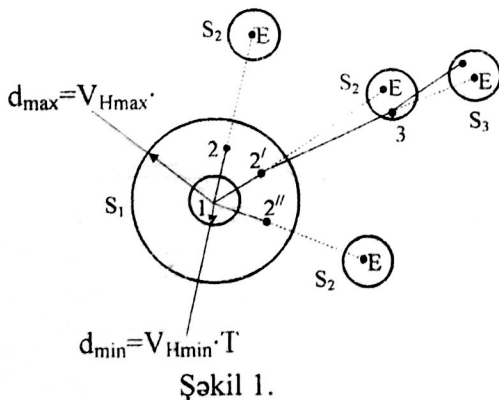
İkinci emal aşağıdakı əməliyyatlardan ibarətdir:

- hədəfin RLS vasitəsilə bir neçə müşahidəsindən alınan verilənlər əsasında hədəfin hərəkət parametrlərinin (sürət, kurs və s.) təyin edilməsi;
- növbəti müşahidə sahəsində gözlənilən ehtimalla nişanənin yaranması zonasının seçilməsi;
- yeni təyin edilmiş koordinatlarla ekstrapolyasiya olunan koordinatların müqayisə edilməsi və yeni nişanın hədəfin trayektoriyasına bağlanması (trayektoriyanın davam etdirilməsi).

Hədəfin trayektoriyasının avtomatik aşkar edilməsi prosessi, yəni məlumatın ikinci emalı iki fərdi mərhələyə bölünür:

- trayektoriyanın aşkar edilməsi;
- trayektoriyanın izlənməsi.

Hədəfin trayektoriyasının avtomatik aşkar edilməsinin mümkün üsullarından biri şəkil 1-də göstərilmişdir [2].



Şəkil 1.

Trayektoriyanın başlanğıc nöqtəsi kimi hədəfin vahid (1 ilə) ilə işarələnməsi qəbul edilir. Növbəti müşahidədə həmin trayektoriyaya aid olan ikinci nöqtəni müəyyən əhatəyə malik sahədə axtarmaq lazımdır, bu sahə aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$S_1 = \pi \cdot T_0^2 \cdot (V_{Hmax} - V_{Hmin}^2)$$

burada  $T_0$  – RLS-in müşahidə dövrü,  $V_{Hmax}$ ,  $V_{Hmin}$  – müvafiq olaraq hədəfin maksimal və minimal sürətidir.

Bu qaydada bütün hədəflər aşkar edildikdən və izləndikdən sonra onların məhv edilməsi məqsədilə aktiv döyüş vasitələri arasında optimal bölüşdürülməsi məsələsi həll edilir.

Aşkar olunmuş hədəflərə aktiv döyüş vasitələrinin təhkim edilməsi hədəflərin bölüşdürülməsi əməliyyatı adlanır. Əgər hədəflərin sayı çoxdursa, onda məsələnin həllində hansı

döyüş vasitələrinin (qırıcı təyyarə, idarəolunan zenit raket, zenit qurğusu) hansı hədəflərə və hansı vaxt düzgün bölüşdürülməsi göstərilməlidir.

Hədəflərə bölüşdürmə məsələsi tam həcmdə çox mürəkkəbdir və müxtəlif faktorların nəzərə alınmasını tələb edir:

- bölüşdürülən döyüş vasitələrinin dislokasiyası və onların döyüş hazırlığı;
- tuşlama və rabitə kanallarının buraxıcılıq qabiliyyəti;
- radiolokasiya stansiyası ilə baxılan zonanın dərinliyi;
- hücum edən tərəfin manevr etməsi və əngəllər yaratması və s.

Adətən, mürəkkəb məsələlərin həllində çox saylı kriteriyalı variantda həllin yolları axtarılır.

Bu halda effektivlik göstəricisi  $M$  kimi hər-hansı hadisənin ehtimalı və ya hər-hansı təsadüfi kəmiyyətin orta qiyməti (riyazi gözləmə) istifadə edilir. Məsələn, effektivlik göstəricisi kimi hədəfin dağıdılması ehtimalı, müəyyən obyektə dağıdılan sahənin ölçüsü və s. ola bilər. Həll olunan məsələdən asılı olaraq effektivlik göstəricisinin növünün seçilməsi aparılır.

Əgər hədəfin dağıdılması  $\gamma$  kəmiyyətindən asılıdırsa, onda effektivlik göstəricisi hadisənin ehtimalı kimi  $M = P(\gamma)$  seçiləcəkdir [3].

Döyüş əməliyyatının yerinə yetirilməsi məsələsində əsas məqam düşməne vurulan ziyanın maksimal mümkünlüyü hesab edilir.

Bu halda effektivlik göstəricisi kimi, düşməne vurulan ziyanın orta qiyməti qəbul edilir:

$$M = m[Y],$$

burada  $Y$  – vurulan ziyanın təsadüfi qiyməti,  $m$  isə riyazi gözləmənin indeksidir.

HHM sistemlərində döyüş əməliyyatlarının son nəticəsi hava hücumu vasitələrinin məhv edilməsi və ya mühafizə olunan obyektlərin qorunmasıdır. Bu halda effektivlik göstəricisi kimi məhv edilmiş düşmən təyyarələrinin maksimum riyazi gözləməsi və ya gözlənilən ziyanın riyazi minimumu qəbul edilir. HHM sistemlərinin qarşısında qoyulan məsələdən asılı olaraq göstərilən bu kriteriyalardan hər hansı biri istifadə oluna bilər. Əgər bölmələrin qarşısında qoyulan əsas məsələ düşmənin hava vasitələrinin məhv edilməsidirsə - birinci kriteriyadan, konkret obyektin müdafiəsidirsə - ikinci kriteriyadan istifadə edilməlidir.

Qeyd olunan məsələlərin həlli üçün müxtəlif riyazi metodlar istifadə edilə bilər. Bu metodlar içərisində ən çox yayılmışı xətti proqramlaşdırma metodudur. Bu metod təkcə hədəflərin bölüşdürülməsi məsələlərini deyil, eyni zaman digər taktiki və operativ məsələləri də həll etməyə imkan verir. Məsələn, HHM bir neçə obyektləri üçün döyüş vasitələrinin, silahların, xüsusi sektorların və s. düzgün bölüşdürülməsi məsələsini asanlıqla XP modelləri ilə həll etmək olar. XP modellərində asılı dəyişən asılı olmayan dəyişənlərdən xətti funksiya şəklində ifadə edilir [4]:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Hər bir XP modeli 4 elementdən – qərar dəyişənləri, məqsəd funksiyası, məhdudiyətlik şərtləri və mənfi olmama şərtindən ibarət olub, 4 prinsipi – mütənəsiblik, toplama, bölünmə və müəyyənlik prinsiplərini ödəməlidir.

Ümumi halda XP modelini aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$\begin{aligned} Z &= a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \rightarrow \max(\min) \\ c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1n}x_n &\leq (\geq) b_1 \\ c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \dots + c_{2n}x_n &\leq (\geq) b_2 \\ &\vdots \\ c_{m1}x_1 + c_{m2}x_2 + \dots + c_{mn}x_n &\leq (\geq) b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned}$$

Hədəflərin zenit kompleksləri arasında optimal bölüşdürülməsi məsələsini XP-nin xüsusi halı olan tam ədədli proqramlaşdırma məsələsi kimi həll etmək olar. Riyazi modelləşdirmədə bu növ məsələlər təyinetmə məsələsi adlanır və qərar dəyişənləri (0,1) növlü dəyişənlər olur:

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{gr } i - \text{cihdf } j - \text{cuvasity thkim edilmyibs} \\ 1, & \text{gr } i - \text{cihdf } j - \text{cuvasity thkim olunubsa} \end{cases}$$

Bu növ məsələlərin həlli üçün effektiv metod kimi Macar metodundan istifadə edilir. Macar metodunun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, hədəflərin sayı ilə vasitələrin sayı eyni olmalı və bir vasitəyə yalnız bir hədəf təhkim olunmalıdır (və əksinə).

Macar metodu ilə məsələnin həll ardıcılığı aşağıdakı kimidir:

-əvvəlcə ( $m \times n$ ) ölçüdə maya dəyəri matrisi tərtib edilir;

-hər sətir üçün ən kiçik element (*sətir minimumu*) tapılıb, sətirin digər elementlərindən həmin elementin dəyəri çıxılaraq, yeni matris tərtib edilir;

-bu yeni matrisin hər sütunu üçün ən kiçik element (*sütun minimumu*) tapılıb, digər elementlərdən həmin elementin dəyəri çıxılaraq, azaldılmış maya dəyəri (və ya fürsət maya dəyəri) matrisi tərtib edilir;

-azaldılmış maya dəyəri matrisində bütün sıfırları kəsən, mümkün qədər az sayda (üfqü və ya şaquli) düz xətlər çəkilir;

-düz xətlərin sayı sətir və ya sütunların sayına (məsələnin ölçüsünə -  $m$ ) bərabədirsə, optimal həll əldə edilmişdir, əks təqdirdə, yəni düz xətlərin sayı  $m$ -dən kiçik olduqda növbəti addıma keçilir;

-azaldılmış maya dəyəri matrisində çəkilmiş düz xətlərin kəsmədiyini xanalar arasında ən kiçik dəyəri olan xana müəyyən edilir;

-bu xanadakı elementin dəyəri düz xətlərin kəsmədiyini bütün xanalardakı elementlərin dəyərindən çıxılır, düz xətlərin kəsişməsində olan xanalardakı elementlərin dəyərinin üzərinə əlavə olunur, düz xətlərin kəsdiyi xanalardakı elementlərin dəyəri isə olduğu kimi saxlanılır və "C" bəndinə qayıdır. Bu əməliyyatlar optimal həll tapılana qədər (əgər varsa) davam etdirilir. Optimal həll tapıldıqdan sonra ilk təyinat bir ədəd sıfırı olan sətirə və ya sütuna verilir. Həmin xanaya təyinat verildikdən sonra onu əmələ gətirən sətir və sütun nəzərdən atılır.

Bu əməliyyat bütün hədəflər aktiv döyüş vasitələri arasında bölüşdürülənə qədər davam etdirilir və sonda məqsəd funksiyasının qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Qeyd etdiyimiz əməliyyat ardıcılığı minimallaşdırma məsələləri üçündür. Əgər seçilmiş kriteri məqsəd funksiyasının maksimum qiymətinin tapılmasını tələb edirsə, bu halda qeyd olunan əməliyyat ardıcılığında yalnız 2-ci addım dəyişəcək, yəni hər bir sətirdə maksimal dəyər (sətir maksimumu) müəyyən ediləcək və sətirdəki digər dəyərlər maksimal dəyərdən çıxılaraq yeni maya dəyəri matrisi tərtib ediləcək. Sonrakı addımlar minimallaşdırma məsələlərində olduğu kimidir.

İndi bir nümunə üzərində dediklərimizi əyani nümayiş etdirək.

Düşmənin 5 hava hədəfini məhv etmək üçün 5 zenit-raket qurğusu planlaşdırılmışdır. Qurğuların hədəfləri məhv etməsi üçün tələb olunan vaxt şərti vahidlərlə cədvəl 1-də verilib. Məqsəd minimal vaxt ərzində bütün hədəfləri məhv etməkdir.

Cədvəl 1

Hava hədəfləri	Zenit-raket qurğuları				
	1	2	3	4	5
1	15	25	20	16	10
2	20	14	10	10	15
3	12	13	15	10	10
4	25	10	20	20	25
5	30	25	12	30	10

Baxılan problem minimallaşdırma məsələsi olduğu üçün ilk addımda "sətir minimumlarını" müəyyən edirik (cədvəl 2): Sonra hər sətirdəki elementlərdən müvafiq sətir minimumunu çıxıb azaldılmış maya dəyəri matrisini tərtib edirik, daha sonra həmin matrisin hər sütunu (cədvəl 3) üçün minimal dəyərləri tapırıq:

Sətir minimumu					Cədvəl 2
15	25	20	16	10	<b>10</b>
20	14	10	10	15	<b>10</b>
12	13	15	10	10	<b>10</b>
25	10	20	20	25	<b>10</b>
30	25	12	30	10	<b>10</b>

Sütun minimumu					Cədvəl 3
5	15	10	6	0	
10	4	0	0	5	
2	3	5	0	0	
15	0	10	10	15	
20	15	2	20	0	
<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

Sütundakı dəyərlərdən sütun minimumunu çıxıb, alınan yeni maya dəyəri matrisində bütün sıfırları minimal sayda düz xətlərlə kəsirik:

3	15	10	6	0
8	4	0	0	5
0	3	5	0	0
13	0	10	10	15
18	15	2	20	0

1	13	8	4	0
8	4	0	0	7
0	3	5	0	2
13	0	10	10	17
16	13	0	18	2

Göründüyü kimi, düz xətlərin sayı məsələnin ölçüsündən azdır ( $4 < 5$ ), deməli tapılan həll optimal həll deyil. Düz xətlərin kəsmədiyi xanalar arasından ən kiçik dəyəri olan xananı  $\theta (=2)$  müəyyən edib, yuxarıda qeyd etdiyimiz əməliyyat ardıcılığını təkrar edirik.

Göründüyü kimi, nəticədə aldığımız maya dəyəri matrisində düz xətlərin sayı məsələnin ölçüsünə ( $5=5$ ) bərabərdir, deməli tapılan həll optimal həldir.

Hədəflərin zenit-raket qurğuları arasında optimal bölüşdürülməsi (təhkim olunması) belədir:

$$x_{15} = 1; \quad x_{24} = 1; \quad x_{31} = 1; \quad x_{42} = 1; \quad x_{53} = 1$$

Bu o deməkdir ki, 1-ci hədəf 5-ci ZRQ-na, 2-ci hədəf 4-cü ZRQ-na, 3-cü hədəf 1-ci ZRQ-na, 4-cü hədəf 2-ci ZRQ-na, 5-ci hədəf isə 3-cü ZRQ-na təhkim olunmuşdur. İlkin cədvəldə müvafiq xanalaradakı dəyərləri nəzərə alsaq, düşmənin bütün hava hədəflərini minimal 54 şərti vaxt vahidi ərzində məhv edə bilərik:

$$Z = c_{15} \cdot x_{15} + c_{24} \cdot x_{24} + c_{31} \cdot x_{31} + c_{42} \cdot x_{42} + c_{53} \cdot x_{53} = \\ = 1 \cdot 10 + 1 \cdot 10 + 1 \cdot 12 + 1 \cdot 10 + 1 \cdot 12 = 54 \text{ şərti vaxt vahidi}$$

Nəzərdən keçirdiyimiz metodla təkcə havadan hücum hədəflərinin aktiv döyüş vasitələri arasında optimal bölüşdürülməsi məsələsini deyil, bu tip müxtəlif məsələləri də, məsələn strateji cəhətdən əlverişli obyektlərin məhv edilməsi üçün mobil qruplar arasında paylaşdırılması, məsələsini müvəffəqiyyətlə həll etmək olar.

## ƏDƏBİYYAT

1. Средства отображения информации / Ф.М. Яблонский и др. М.: "Высшая школа", 1985.
2. O.Q. Mürsəliyev, Ə.M. İsayev Hava hücumundan müdafiə vasitələrində avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri. Bakı: 2010. 227s.
3. Поляков К. Теория автоматического управления. Санкт-Петербург: 2008.
4. Z.İ. Nəcəyev, Z.M. Nəcəyeva İdarəetmədə əməliyyatların tədqiqi. Bakı: 2015. 385s.