

ӘСКЕРИ ІС
ВОЕННОЕ ДЕЛО
MILITARY AFFAIRS

ӘОК 614.8.084

DOI 10.52167/1609-1817-2022-120-1-190-197

Г.П. Рысбаева , М.К. Садуақасов

Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитетінің Шекара академиясы,
Алматы, Қазақстан
E-mail: rgp_81@mail.ru

МЕМЛЕКЕТТІК ШЕКАРАНЫ КҮЗЕТУ ҮДЕРІСІНДЕ ОЙЫН ТЕОРИЯСЫНЫҢ
ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

Аннотация. Мақалада ойын теориясы арнайы-тактикалық есептеулердің ядросы ретінде көрсетіліп, шекара күзетінің моделінің тиімділігінің сапасын бағалау үшін екі ойыншының антогонистік ойыны (шекара заставасының бастығы мен шекара бұзушы) қарастырылады. Өлшемі $2 \times n$ болатын төлем матрицалық ойын екі айнымалысы бар теңдеулер жүйесіне келтірілетіні белгілі. Шекараның сенімді қорғалуын қамтамасыз ету – шекара әскерлерінің ең маңызды міндеті. Мемлекеттік Шекара мемлекеттік егемендіктің кеңістіктегі шегі. Шекара кез келген елге қажет және мемлекеттің жерінің тұтастығын, егемендікті және мемлекеттік қауіпсіздікті қамтамасыз ету жөніндегі жауапты функцияларды орындайды. Шек - "кез-келген белгілі бір болмыстың басы немесе соңы; бір нәрсені басқадан бөліп тұратын аралық; аралас жанасу, бірігу және өзара кірігу орны".

Түйінді сөздер: шекараны күзету, ойын теориясы, мемлекеттік шекара, тиімділік, стратегия.

Кіріспе. Мемлекеттік Шекаралардың пайда болуы адамзат өркениетінің тарихи дамуымен тікелей байланысты. Шекаралық қатынастарды құқықтық реттеу, заңдылық, қылмысқа қарсы күрес және т.б. тетіктері сапалық қасиеттермен (құрылымдылығымен, тұтастығымен, тұрақтылығымен) қатар сандық өлшемге де (нормалар санымен, байланыстармен, ақпарат ағынының қарқындылығымен, даму дәрежесімен, мақсаттылығымен және т. б.) ие. Погранометрияда және тәжірибеде қоғамды ақпараттандыруға, халықаралық қатынастар саласында ақпараттық кешендер мен жүйелерді құруға және компьютерлерде әртүрлі (әлеуметтік, экономикалық, әскери және өзге де) міндеттерді шешуге байланысты мемлекеттік шекараны қорғау жүйелерінің, басқару органдарының, шекаралық құбылыстар мен үдерістердің жұмыс істеуін оңтайландыруға байланысты жауапты мәселелер пайда болды. Бұл мәселелерді әртүрлі математикалық әдістерді пайдаланбай шеше алмаймыз, өйткені бұл жағдайда оңтайландырудың мәні материалдық құралдардың аз шығынымен жүйелердің жұмыс істеу мақсаттарына қол жеткізудің, қызметтік-жауынгерлік, ақпараттық, логикалық және өзге де міндеттерді шешудегі уақыттың формалды тәсілдерін (модельдерін) эзирлеуден тұрады [1,2].

Кез келген жүйенің нәтижелілігі екі негізгі көрсеткішпен анықталады: сенімділікпен және тиімділікпен. Сенімділік – жүйенің белгілі бір жағдайларда пайдалану кезінде берілген уақыт аралығының бойында жұмыс қабілеттілігін сақтап қалу

ықтималдығы. Тиімділік – жүйенің белгілі бір жағдайларда жұмыс істеу кезінде берілген уақыт аралығында өзінің мақсатын орындау ықтималдығы. Жұмыста шекара күзеті шекаралық заставаалардың ($P_{шз}$), барлау органдарының (P_p) күштері мен құралдарының бірлескен әрекеті, жергілікті тұрғындардың іс-әрекеті ($P_{жт}$) және шекара күзетінің тиімділік көрсеткіші (W) ретінде келесі математикалық үлгімен берілген

$$W = 1 - P_{шз}(1 - P_{жт})(1 - P_p)(1 - P_{шз}), \quad (1)$$

мұнда шекараны қорғаудың тиімділігі қаралып отырған шекара аумағынла ($P_{шб}$) оны бұзуға әрекет ету ықтималдығына (шекара қауіпсіздігіне төнетін қауіп-қатерлерге) байланысты. Бұл модельде, шекараны бұзуға әрекет жасау ықтималдығы аз болған сайын, осы бағытта күш пен құралдар соғұрлым аз болуы мүмкін: бұзуға әрекет ету ықтималдығы жоғары болған сайын, осы шекара аумағынла шекараны бұзуға жол бермеу үшін күш пен құралдар соғұрлым көп қажет екендігі, яғни (1)-түрдегі модель шекара қауіпсіздігінің сандық сипаттамасын беретіндігі туралы [3] талданды.

Негізгі бөлім

Шекара бұзылуының ықтималдығын бағалау тәжірибесінде шекараны бұзушылардың ықтимал қозғалысының бағыттарын анықтау және әртүрлі бағыттарда күзет тығыздығын тиісті бөлу кезінде кейде сандық, ал көбінесе сапалы (командир тәжірибесі мен интуициясы негізінде) жүргізіледі.

Шекарада құрылған топтың күзететін жер алаңының шекарасының бір тәулік аралығында бұзылу оқиғасының ықтималдығын табу сұрағын қарастырайық. Ұзындығы L км.-ге тең шекараны күзететін заставада керекті құрал жабдықтар түгел болсын.

Қойылған мәселені шешу үш кезеңге бөлінеді.

Бірінші кезең шекараны күзетуде алдын-ала қойылған талаптарды қанағаттандыру үшін қолдағы бар құрал мен күшті күзетілетін жер бөлігіне тиімді орналастыру.

Екінші кезең күзетілетін жер бөлігіне күштер мен құралдарды кеңістік пен уақытқа байланысты орналастырып шекараны күзетудің нұсқаларын құру және олардың тиімділігін математикалық жолмен бағалау.

Үшінші кезең нұсқалардың ең тиімдісін таңдау алу.

Мысалы, застава бастығының екі A_1, A_2 стратегиясы бар. Бұл стратегияларды ол қолдағы күштер мен құралдарды әртүрлі орналастыру арқылы алады. Ал шекара бұзушының да екі B_1, B_2 сол немесе оң флангтан өту стратегиясы бар.

Төлем матрицасын құрамыз:

B_i	B_1	B_2
A_j		
A_1	a_{11}	a_{12}
A_2	a_{21}	a_{21}

Қарастырылып отырған ойында орнықты нүкте жоқ болсын. Онда оны аралас стратегияда шешеміз.

Егер A ойыншы әрдайым өзінің тиімді аралас стратегиясын ұстанса, B ойыншының іс-әрекетіне тәуелсіз, оның ұтысы өзгермейді және де ол күтілетін ойын бағасына тең болады

$$\begin{cases} a_{11}p_1 + a_{21}p_2 = v \\ a_{12}p_1 + a_{22}p_2 = v \\ p_1 + p_2 = 1 \end{cases} \quad (2)$$

Жүйедегі соңғы байланысты пайдаланып, екі белгісізді екі теңдеулер жүйесін аламыз.

$$\begin{cases} a_{11}p_1 + a_{21}(1 - p_1) = v \\ a_{12}p_1 + a_{22}(1 - p_1) = v \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} v + (a_{21} - a_{11})p_1 = a_{21} \\ v + (a_{22} - a_{12})p_1 = a_{22} \end{cases} \quad (4)$$

Соңғы жүйені Крамер әдісімен шешуге болады. Ол үшін келесі анықтауыштарды есептейміз.

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & a_{21} - a_{11} \\ 1 & a_{22} - a_{12} \end{vmatrix}, \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} a_{21} & a_{21} - a_{11} \\ a_{22} & a_{22} - a_{12} \end{vmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & a_{21} \\ 1 & a_{22} \end{vmatrix}$$

Онда жүйенің шешімі

$$p_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad v = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad p_2 = 1 - p_1$$

Онда тиімді стратегия $\{p_1, p_2\}$, ойын бағасы v .

Егер (4)-те бос мүше өзара тең болмаса, яғни $a_{22} \neq a_{21}$ және

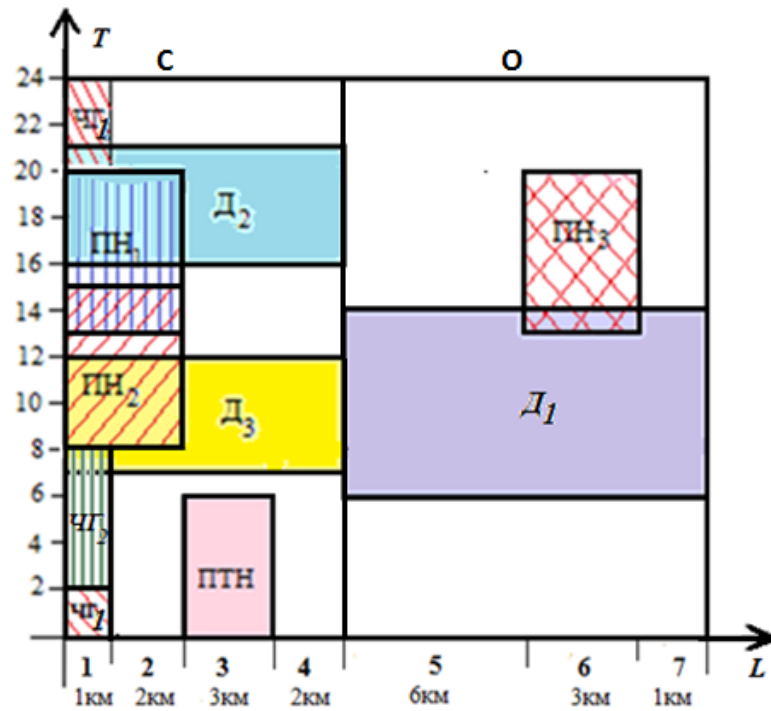
$$a_{21} - a_{11} = a_{22} - a_{12}$$

болса, B_1 немесе B_2 стратегияларының біреуі басымырақ болады. Егер $a_{21} < a_{22}$ болса, онда ойын төменгі бағасы B_1 стратегиясымен дәл келеді де, ал B_2 стратегиясы тиімсіз болып қалады. Ал егер $a_{21} > a_{22}$, болса, керісінше ойынның төменгі бағасы B_2 болады да, ал B_1 тиімсіз стратегия болады [4].

Келесі есепті қарастырайық.

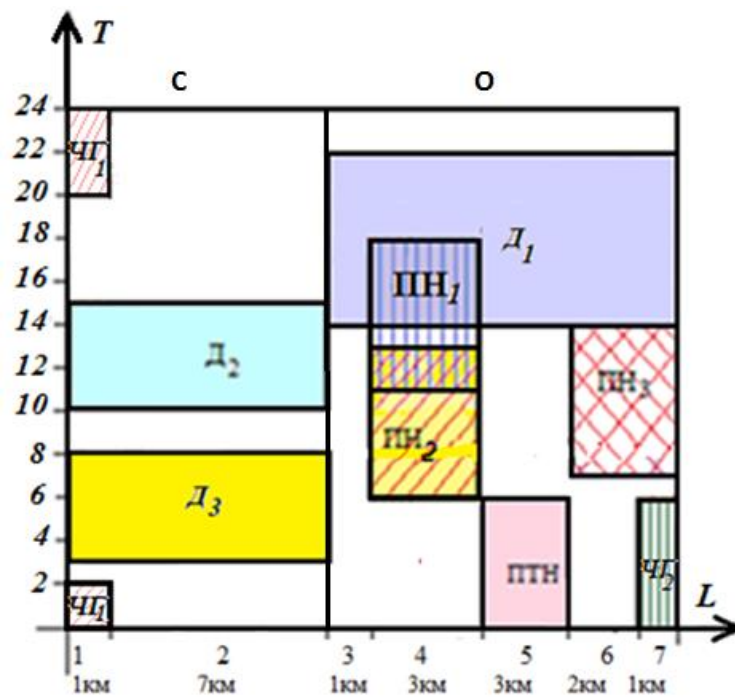
Ұзындығы 18 км күзетілетін шекарада 1 дабылқаққыш жүйесі бар және тәулік бойы нарядтар жоспарланған. Олар: шекара сақшысы(ШС), шолғын(Ш), қадағалау бекеті (ҚБ), техникалық қадағалау бекеті (ТҚБ) (1-сурет).

Қызмет уақытында штаттық техникалық құралдар қолданылады. Застава бастығының екі A_1, A_2 стратегиясы бар: бұл стратегияларды ол қолдағы күштер мен құралдарды әртүрлі орналастыру арқылы алады. Ал шекара бұзушының да екі B_1, B_2 стратегиясы бар: сол жақ (8 км) немесе оң жақ флангтан (10 км) өту (1 және 2 сурет).



С- сол қаптал О- оң қаптал

1 сурет – Застава бастығының A_1 стратегиясы



С- сол қаптал О- оң қаптал

2 сурет – Застава бастығының A_2 стратегиясы

Нарядтағы құралдардың байқап қалу ықтималдықтары:

- кешенді дабылқаққыш тәулік 18 км бойы жер телімін күзетеді және; $P(A_{СИГ}) = 0,8$;

-сақшылардың(ШС) байқап қалу ықтималдығы: $P(A_{ШС}) = 0,65$;

-қадағалау бекеттерінің (ҚБ) байқап қалу ықтималдығы: $P(A_{ҚБ}) = 0,68$;

-техникалық қадағалау бекеті: $P(A_{ТҚБ}) = 0,85$;

-шолғын: $P(A_{Ш}) = 0,02$.

Застава бастығының тиімді стратегиясын табу керек.

Шешуі: Алдын ала құрылатын кеңістік пен уақытты бейнелейтін график әрбір құралдың және бақылаушының қай аралықта және қанша уақыт жұмыс істейтінін көрсетеді. Аймақта шекара күзетуге арналған нысандардың шекаралары тіктөртбұрыштар. Шекара бұзушының осы тіктөртбұрыштардың біреуінде болды деген оқиғаларды B_i $i = 1, 2, \dots, 9$ деп белгілейік.

Онда шекара бұзушы шекараны ұзындығы Δl_i аралығын Δt_i уақыт аралығында бұзу оқиғалары тәуелсіз оқиғалардың бірге пайда болу ықтималдығы бойынша өлшемдерге қатысты қытималдықтардың көбейтін-дісіне тең болады, яғни

$$P(B_i) = \frac{\Delta l_r}{L} \cdot \frac{\Delta t_k}{T}.$$

Шекара бұзушы i -ші тіктөртбұрыштарда болып және онда орналасқан нысандар шекара бұзушыны байқап қалды деген оқиғаның ықтималдығы тәуелді оқиғалардың бірге пайда болу ықтималдығы арқылы табылады [3,4].

$$P(B_i A) = P(B_i) P_{B_i}(A)$$

Онда әр флангта шекара бұзушыны байқап қалу ықтималдығы келесі ең болмағанда бір оқиғаның пайда болу ықтималдық формуласымен табылады [4].

$$P(A) = 1 - \left(1 - P(B_1) P_{B_1}(A)\right) \left(1 - P(B_2) P_{B_2}(A)\right) \dots \left(1 - P(B_m) P_{B_m}(A)\right)$$

Осы есепті шекара бастығы мен шекара бұзушы арасындағы ойын деп қарастыруға болады. Төлем матрицасының құру үшін оның элементтерін табамыз.

$$a_{11} = 1 - (1 - 0,8) \left(1 - \frac{5 \cdot 8}{192} \cdot 0,02\right)^2 \left(1 - \frac{6 \cdot 1}{192} \cdot 0,65\right)^2 \left(1 - \frac{7 \cdot 5}{192} \cdot 0,68\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 6}{192} \cdot 0,85\right) = 0,85$$

$$a_{12} = 0,81; a_{21} = 0,79; a_{22} = 0,84.$$

Төлем матрицасын құрамыз.

Стратегиялар	B_1	B_2
A_1	0,85	0,79
A_2	0,8	0,84

Ойынның төменгі және жоғарғы бағасын табайық.

Стратегиялар	B_1	B_2	α_i
A_1	0,85	0,79	0,79
A_2	0,8	0,84	0,8
β_j	0,85	0,84	

Ойынның төменгі және жоғарғы бағалары тең емес, яғни: $\alpha = \max \alpha_i = 0,8$; $\beta = \min \beta_j = 0,84$. Онда ойын таза стратегияда шешілмейді [4,5]. Оны аралас стратегияларда шешеміз.

$$\begin{cases} 0,85p_1 + (1 - p_1)0,8 = v \\ 0,79p_1 + 0,84(1 - p_1) = v \end{cases}$$

Жүйені түрлендіріп, Крамер әдісімен шешеміз.

$$\begin{cases} v - 0,05p_1 = 0,8 \\ v + 0,05p_1 = 0,84 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & a_{21} - a_{11} \\ 1 & a_{22} - a_{12} \end{vmatrix}, \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} a_{21} & a_{21} - a_{11} \\ a_{22} & a_{22} - a_{12} \end{vmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & a_{21} \\ 1 & a_{22} \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & -0,05 \\ 1 & 0,05 \end{vmatrix} = 0,05 + 0,05 = 0,1$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0,8 & -0,05 \\ 0,84 & 0,05 \end{vmatrix} = 0,04 + 0,042 = 0,082$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0,8 \\ 1 & 0,84 \end{vmatrix} = 0,84 - 0,8 = 0,04$$

$$p_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad v = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad p_2 = 1 - p_1$$

$$v = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{0,082}{0,1} = 0,82$$

$$p_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{0,04}{0,1} = 0,4$$

$$p_2 = 1 - p_1 = 1 - 0,4 = 0,6.$$

Қорытынды.

Шекара бұзылмау ықтималдығы қолдағы күш пен құралдар саныра тәуелді болып қана қоймай, оны қалай орналастырғанына да байланысты болатынын осы мақаладан көруге болады.

Шекарашының тиімді стратегиясы:

$$S_A = \left\{ \begin{matrix} A_1 & A_2 \\ 0,4 & 0,6 \end{matrix} \right\}.$$

Қарастырылған мысалда күзетілетін аймақты тең емес 2 бөлікке бөлгеннің өзінде шекара бұзушы қай стратегияна пайдаланса да, шекара заставасының бір тәулік ішінде шекара бұзушыны байқап қалу ықтималдығы 0,82-ден кем емес.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Теория вероятностей и математическая статистика, Гмурман В.Е., М: ЮРАЙТ, Выс. образование, 2009, 480 с.
- [2] Грабарь А.И., Жиленко С.В. УМП, «Основы исследования операций», Изд. воен. института, 1990 г., 85 с.
- [3] УМП «Теория игр». Под ред. Стрельцова В.В., Изд. воен. института, 1995, 30 с.
- [4] Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике, Гмурман В.Е., М: ЮРАЙТ, Выс. образование, 2009 - 404 с.
- [5] Венцель Е.С. Теория вероятностей (учебник). М: ЮРАЙТ, Высшее образование, 2009, 575 с.

Rysbaeva Gulshat Polatovna candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Academy of Border the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, rgp_81@mail.ru

Saduakasov Maksat Kabdylserikuly Master of Laws, Senior Lecturer, Academy of Border the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan.

APPLICATION OF METHODS OF GAME THEORY IN THE PROCESS OF GUARDING THE STATE BORDER

Abstract. Ensuring reliable border protection is the most important responsibility of the border troops. The article presents game theory as the core of special-tactical calculations and considers the antagonistic game of two players (the head of the border post and the trespasser) to assess the quality of the effectiveness of the model of border guard. It is known that a payment matrix game of size $2 \times n$ is reduced to a system of equations with two variables. State Border is the spatial boundary of state sovereignty. Borders are necessary for any country and perform responsible functions to ensure the territorial integrity, sovereignty and national security of the state.

The emergence of state borders is directly related to the historical development of human civilization. We can not solve these problems without the use of various mathematical methods, because in this case the essence of optimization is to develop formal methods (models) of time to achieve the goals of systems, combat, information, logic and other tasks at low cost of material resources.

In the practice of assessing the probability of violation of the border is sometimes quantitative, and often qualitative (based on the experience and intuition of the commander) when determining the direction of possible movement of violators and the appropriate distribution of security density in different directions.

Keywords: border guard, game theory, state border, efficiency, strategy.

Рысбаева Гульшат Полатовна кандидат физико-математических наук, Пограничная академия КНБ РК, Алматы, Казахстан, rgr_81@mail.ru

Садуакасов Максат Кабдылсериккулы, магистр юриспруденции, Пограничная академия КНБ РК, Алматы, Казахстан.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ИГР В ОХРАНЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ

Аннотация. В статье представлена теория игр как ядро тактических расчетов. Рассмотрена антагонистическая игра двух игроков (начальника погранзаставы и нарушителя) для оценки качества эффективности модели пограничной службы. Известно, что игра с платежной матрицей размером $2 \times n$ сводится к системе уравнений с двумя переменными. Обеспечение надежной охраны границы - важнейшая задача пограничных войск. Государственная граница - это пространственная граница государственного суверенитета. Границы необходимы любой стране и выполняют ответственные функции по обеспечению территориальной целостности, суверенитета и национальной безопасности государства. Граница - это «начало или конец любого конкретного существа; промежуточное звено, отделяющее одно от другого; место смешанного контакта, союза и взаимодействия».

Ключевые слова: охрана границы, теория игр, государственная граница, эффективность, стратегия.
