

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام على

سيد المرسلين و على آله و اصحابه اجمعين

بررسی شرایط پایدار تعادل نش در نظریه بازی ها

(مطالعه موردی مسئله آبی بین افغانستان و پاکستان)

ارائه کننده: معاون سرمحقق نصرالله فلک

نهاد: مرکز علوم ریاضی، فزیک و تخنیک

تاریخ: 1404/4/11

فهرست مطالب

- مقدمه
- نظریه بازی ها
- طبقه بندی بازی ها
- تابع مطلوبیت (Utility Function)
- تابع بهترین پاسخ (Best response function)
- تعادل نش (Nash Equilibrium)
- پایداری تعادل نش
- مسئله کاربردی: منازعه آبی بر سر آب رود کابل بین افغانستان و پاکستان
- نتیجه گیری
- پیشنهادات
- پرسش ها

مقدمه

اهمیت موضوع. پایداری تعادل نش در منابع آبی افغانستان نشان‌دهنده مقاومت استراتژی کشورها در برابر انحراف و زمینه‌ساز پالیسی‌های پایدار است.

هدف کنفرانس. هدف تحقیق، تحلیل تعاملات آبی افغانستان با همسایگان بر پایه نظریه بازی‌ها برای یافتن راهکارهای پایدار و عادلانه است.

روش کار. این تحقیق با روش توصیفی-تحلیلی و مدل‌سازی نظریه بازی‌ها به بررسی تعادل نش و منابع آبی مشترک می‌پردازد.

... مقدمه

نظریه بازی‌ها ابزار ریاضی برای تحلیل تصمیم‌گیری در موقعیت‌های تعامل، رقابت یا همکاری است و هدف آن پیش‌بینی رفتار عقلانی و انتخاب استراتژی مطلوب توسط بازیگران است.

نظریه بازی‌ها از دهه 1920م با بورل و فون نویمان شکل گرفت و با نشر کتابی از نویمان و مورگنسترن 1944م گسترش یافت. این نظریه در دهه 1950 وارد علوم مختلف شد. در 1994م هارسانی، نش و زلتن در این زمینه برنده جایزه نوبل شناخته شدند و مرتبط به این موضوع، نظریه بازی‌ها رسمیت علمی یافت.

... مقدمه

□ افغانستان با رودخانه‌های فرامرزی چون کابل، هیرمند و آمو در موقعیتی استراتژیک قرار دارد که بدون مدیریت هوشمندانه، می‌توانند به منازعه آبی تبدیل شود.

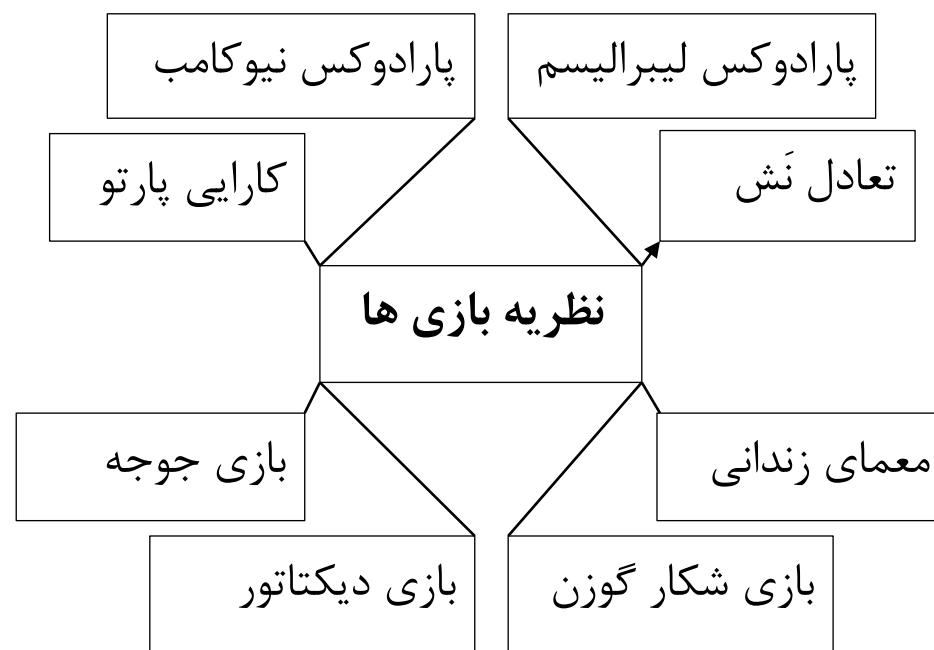
□ افغانستان برای بهره‌برداری از عدم همکاری غالب است، و به راه‌حل رسیدن به تعادل نش مطلوب پارتو (منابع به گونه‌ای تخصیص یافته‌اند که هیچ کس نمی‌تواند بدون آسیب رساندن به دیگری وضع بهتری پیدا کند) از رود کابل تلاش می‌کند. اما پاکستان نگران کاهش آب در مناطق خود است.

□ در بازی بین دو کشور، بدون معاهده، راه‌حل مذاکرات و توافق دوجانبه است.

□ کلمات کلیدی: همکاری، عدم همکاری، تعادل نش، تعادل نش پارتو، مذاکرات، توافق دوجانبه در این کنفرانس اند.

نظریه بازی های

نظریه بازی ها به بررسی تصمیم گیری در تعاملات انسانی می پردازد و با استفاده از مدل های ساده، رفتارهای استراتژیک را تحلیل و پیش بینی می کند.



شکل ۱، مدل مفهومی نظریه بازی ها.

... نظریه بازی های

عناصر کلیدی یک بازی ریاضی در یک چشم اندازی کلی تر به این شرح است:

قوانین: بازی های ریاضی دارای قوانین دقیقی هستند (حرکات محدود و از پیش تعیین شده)....

نتایج و پاداش ها: بازی های ریاضی، مانند بازی های سرگرم کننده (هدف پیروزی است)....

نااطمینانی از نتیجه: هیجان بازی های ریاضی در غیرقابل پیش بینی بودن نتیجه است (حضور عناصر تصادفی) ...

تصمیم گیری: بازی هایی بدون تصمیم گیری ذهنی خسته کننده اند (بازی های ورزشی)، ...

بدون تقلب: در بازی های واقعی امکان تقلب وجود دارد، (تمرکز بر برنده شدن بدون تقلب)...

طبقه‌بندی بازی‌ها

بازی‌ها را می‌توان بر اساس چند معیار دسته‌بندی کرد:

1. چند بازیکن در بازی حضور دارند؟
2. بازی هم‌زمان است یا توالی‌دار؟
3. آیا بازی شامل حرکات تصادفی است؟
4. آیا بازیکنان اطلاعات کامل دارند؟
5. آیا بازیکنان اطلاعات جامع دارند؟
6. آیا جمع بازی صفر است؟
7. آیا ارتباط بین بازیکنان مجاز است؟
8. آیا بازی همکارانه، یا غیرهمکارانه است ؟ (گفتار ارزان)

تابع مطلوبیت (Utility Function)

تابع مطلوبیت در نظریه بازی‌ها، نشان‌دهنده ترجیحات یک بازیکن نسبت به نتایج مختلف بازی است.

مجموع بازیکنان: $N = (1, 2, \dots, n)$

مجموعه اقدامات ممکن برای بازیکن i -ام: $A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$

تابع مطلوبیت i -ام عبارت است از:

$$u_i: A \text{ یا } S \rightarrow \mathbb{R}$$

$$\pi_i(a) = u_i(a_1, a_2, \dots, a_n), \quad \pi_i(a) = u_i(a)$$

مطلوبیت مورد انتظار در انتخاب اقدام a ، $U(a)$ بوده. تابع توزیع احتمال:

$$U(a) = \sum_{i=1}^n P_i(a) u_i(x_i), \quad U(s) = \sum_{i=1}^n P_i(s) u_i(x_i)$$

تابع بهترین پاسخ (Best response function)

در نظریه بازی‌ها، تابع بهترین پاسخ نقش اساسی در تحلیل رفتار بازیکنان دارد.

تابع بهترین پاسخ بازیکن i -ام عبارت است از:

$$B_i(s_{-i}) = \arg \max_{s_i \in S_i} u_i(s_i, s_{-i})$$

صورت ساده‌ای تابع بهترین پاسخ:

$$B_i\{s_i\} = \{s_i \in S_i / u_i(s_i, s_{-i}) \geq u_i(\hat{s}_i, s_{-i}), \quad \forall \hat{s}_i \in S_i\}$$

تابع بهترین پاسخ فون نویمان-مورگنسترن به صورت تلفیقی:

$$B_i(s_{-i}) = \arg \max_{s_i \in S_i} \mathbb{E}[u_i(s_i, s_{-i})] = \arg \max_{s_i \in S_i} \sum_{x \in X} p(x / s_i, s_{-i}) u_i(x)$$

تعادل نَش (Nash Equilibrium)

تعادل نش مجموعه‌ای از استراتژی‌ها است که هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر استراتژی خود پاداش بهتری کسب کند. حتی با اطلاع از استراتژی‌های دیگران، بهترین انتخاب هر بازیکن همان انتخاب منطقی و عقلانیت قبلی است.

برای هر i از N رابطه زیر یک تعادل نش است:

$$\forall i \in N \Rightarrow u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*) \quad \forall s_i \in S$$

$$\forall i \in N \Rightarrow u_i(s_i^*, s_{-i}^*) > u_i(s_i, s_{-i}^*) \quad \forall s_i \in S$$

... تعادل نش (Nash Equilibrium)

ماهیت احتمالی تصمیم‌گیری و تشخیص تعادل نش:

$$\forall i \in N, \forall \alpha_i \in A_i \rightarrow u_i(\alpha_i^*, \alpha_{-i}^*) \geq u_i(\alpha_i, \alpha_{-i}^*)$$

تحلیل استراتژی‌های دو بازیگر فرضی به شرح ماتریکس زیر:

بازیکن دوم			
بازیکن اول		$L \rightarrow q$	$R \rightarrow (1 - q)$
	$T \rightarrow p$	$\left. \begin{matrix} u_1(T, L) \\ u_2(T, L) \end{matrix} \right\} \rightarrow p \times q$	$\left. \begin{matrix} u_1(T, R) \\ u_2(T, R) \end{matrix} \right\} \rightarrow p \times (1 - q)$
	$B \rightarrow (1 - p)$	$\left. \begin{matrix} u_1(B, L) \\ u_2(B, L) \end{matrix} \right\} \rightarrow (1 - p) \times q$	$\left. \begin{matrix} u_1(B, R) \\ u_2(B, R) \end{matrix} \right\} \rightarrow (1 - p) \times (1 - q)$

بر مبنای این ماتریکس عاید بازیکن اول عبارت است از:

$$\pi_1(p, q) = \pi_1(\alpha) = p \times q u_1(T, L) + p \times (1 - q) u_1(T, R) + (1 - p) \times q u_1(B, L) + (1 - p) \times (1 - q) u_1(B, R)$$

... تعادل نَش (Nash Equilibrium)

بر مبنای ماتریکس فوق عاید بازیکن اول

$$\pi_1(p, q) = p \left[\underbrace{qu_1(T, L) + (1 - q)u_1(T, R)}_{E_1(T, q) = pE_1(T, q)} \right] \\ + (1 - p) \left[\underbrace{qu_1(B, L) + (1 - q)u_1(B, R)}_{E_1(B, q) = (1 - p)E_1(B, q)} \right]$$

در نهایت امید ریاضی این تحلیل

$$E_1(T, q) = p \overbrace{E_1(T, q)}^X + (1 - q) \overbrace{E_1(B, q)}^X \rightarrow \pi_1(p, q)$$

پایداری تعادل نش

تعادل نش وضعیتی باثبات است که در آن هیچ بازیکنی با تغییر استراتژی سود نمی‌برد، بنابراین همه به استراتژی خود پایبند می‌مانند.

فرض کنیم $\pi_i(s_i, s_{-i})$ عایدی بازیکن i با استراتژی s_i در برابر استراتژی‌های رقیب s_{-i} باشد. تعادل نش پایدار است اگر:

$$\forall i \in N, \quad \pi_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq \pi_i(\hat{s}_i, s_{-i}^*), \quad \forall \hat{s}_i \in S_i$$

s_i^* استراتژی تعادلی بازیکن i ، s_{-i}^* استراتژی تعادلی سایر بازیکنان و S_i مجموعه تمام استراتژی‌های ممکن برای بازیکن i است.

معمای زندانی

مدل ماتریکسی معمایی زندانی عبارت است:

زندان دوم			
زندان اول		s_1 استراتژی سکوت	s_2 استراتژی اتهام
	s_1 استراتژی سکوت	$(-1, -1)$	$(-9, 0)$
	s_2 استراتژی اتهام	$(0, -9)$	$(-5, -5)$

تحلیل مدل ماتریکسی معما: تابع بهترین پاسخ، برای بازیکن اول:

$$B_1\{s_1\} = \{s_2\} = 0, \quad B_1\{s_2\} = \{s_2\} = -5$$

تابع بهترین پاسخ برای بازیکن دوم:

$$B_2\{s_1\} = \{s_2\} = 0, \quad B_2\{s_2\} = \{s_2\} = -5$$

مسئله کاربردی: مسئله آب بین پاکستان و افغانستان

رودخانه کابل منبع آب حیاتی برای افغانستان و پاکستان است. افغانستان می‌خواهد سدهایی برای توسعه بسازد، اما پاکستان نگران کاهش آب است. نبود توافقنامه مشترک، موجب تنش و خطر منازعه آبی بین دو کشور شده که می‌تواند روابط آنها را تضعیف کند.

نظریه بازی‌ها با تحلیل رفتارهای استراتژیک، امکان بررسی تعارض و پیش‌بینی کنش‌های افغانستان و پاکستان در مدیریت منابع مشترک را فراهم می‌کند. هر کشور با انتخاب استراتژی‌های مختلف، به نتایج متفاوتی دست می‌یابد.

... مسئله کاربردی

مدل ماتریکسی بازی دو جانبه این مسئله به شرح زیر است:

ماتریکس عاید (افغانستان، پاکستان)		
T_2 تهدید و فشار (سیاسی/ نظامی)	T_1 دیپلماسی (مذاکره و توافق)	→ پاکستان / افغانستان ↓
(1 , 1)	(2 , 4)	s_1 ساخت بند به صورت یکجانبه
(2 , 2)	(4 , 3)	s_2 همکار مشترک
(1 , 0)	(3 , 2)	s_3 بی تفاوتی
(1.5 , 2)	(3 , 3)	s_4 استفاده از میانجی بین المللی

... مسئله کاربردی

تابع بهترین پاسخ برای افغانستان: با فرض اینکه استراتژی پاکستان T_1 است.

$$B_A\{T_1\} = \max\{4, 3, 2, 3\} = 4 \Rightarrow s_1$$

با فرض اینکه استراتژی پاکستان T_2 است، مطلوب ترین اقدام افغانستان:

$$B_A\{T_2\} = \max\{1, 2, 0, 2\} = 2 \Rightarrow s_2, s_4$$

... مسئله کاربردی

تابع بهترین پاسخ پاکستان: با فرض اینکه استراتژی افغانستان s_1 و الی s_4 باشد، اقدام مطلوب پاکستان به این شرح است:

$$B_P\{s_1\} = \max\{2, 1\} = 2 \Rightarrow T_1$$

$$B_P\{s_2\} = \max\{4, 2\} = 4 \Rightarrow T_1$$

$$B_P\{s_3\} = \max\{3, 1\} = 3 \Rightarrow T_1$$

$$B_P\{s_4\} = \max\{3, 1.5\} = 3 \Rightarrow T_1$$

تعادل نش برای این مسئله

تعادل نش نقطه است که هر بازیکن بهترین پاسخ را نسبت به استراتژی طرف مقابل داده باشد و انگیزه برای تغییر استراتژی نداشته باشد. استراتژی های

$$(s_1, T_1), (s_2, T_1) \text{ و } (s_4, T_1)$$

محتمل ترین استراتژی اند. مطلوبیت این استراتژی های هر کشور در نقاط:

$$(4, 2), (2, 4) \text{ و } (2, 3)$$

مشخص شده اند. اما نقطه تعادل $(4, 2)$ است چرا؟

نتیجه گیر

پس از تحلیل و بررسی این مسئله به سه نتیجه ذیل دست پیدا نموده ایم:

- 1. تعادل نش به مثابه راه حل پایدار در غیاب توافقنامه حقوقی:** در نبود توافق الزام آور، تعادل نش میان ساخت بندهای یک جانبه و پاسخ دیپلماتیک، وضعیتی باثبات اما نسبی با سود بیشتر برای افغانستان و پرهیز از بحران برای پاکستان ایجاد می کند.
- 2. نظریه بازی ها ابزاری مؤثر برای مدل سازی منازعه و پیش بینی رفتارها:** نظریه بازی ها به تحلیل رفتار کشورها و کاهش تنش حتی در شرایط غیردوستانه کمک می کند.
- 3. ماهیت تکراری منازعه و ضرورت حرکت به سوی الگوی برد-برد بلندمدت:** مناقشه آبی افغانستان و پاکستان ماهیتی تکراری دارد که زمینه ساز همکاری، اعتماد سازی و راه حل های برد-برد در بلندمدت است.

پیشنهادات

باتوجه به نتایج بدست آمده، سه پیشنهاد سازنده و کاربردی به شرح زیر داریم:

۱. طرح توافق نامه جامع مدیریت آب با چارچوب برد-برد: نیاز توافق نامه الزام آور دوجانبه با میانجی گری بین المللی برای مدیریت مشترک رود کابل، با حفظ حاکمیت و منافع متقابل افغانستان و پاکستان.

۲. ایجاد کمیسیون دائمی مشترک برای نظارت و تبادل اطلاعات: ایجاد کمیسیون مشترک فنی-سیاسی می تواند با نظارت و تبادل داده ها، به اعتماد سازی و جلوگیری از منازعات برد-باخت کمک کند.

۳. سرمایه گذاری مشترک در پروژه های انرژی و آبیاری مرزی: سرمایه گذاری مشترک در پروژه های برق آبی و زراعتی مرزی می تواند منافع اقتصادی دوطرفه و تغییر بازی به سوی همکاری برد-برد را فراهم سازد.

سپاس بیکران از توجه شما سروران گرامی

؟؟؟

??

?