





دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر  
پایان‌نامه کارشناسی  
مهندسی فناوری اطلاعات

# مدلی تکاملی برای تکامل همراه رفتار همکاری و پاسخ به عدم برابری

نگارش:

ابراهیم برزگری بنادکوکي

استاد راهنما:

دکتر جعفر حبیبی

تیر ۱۳۹۲



دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده‌ی مهندسی کامپیوتر  
پایان‌نامه کارشناسی  
مهندسی فناوری اطلاعات

# مدلی تکاملی برای تکامل همراه رفتار همکاری و پاسخ به عدم برابری

نگارش:

ابراهیم برزگری بنادکوکي

استاد راهنما:

دکتر جعفر حبیبی

امضاء و تاریخ:



## چکیده

در حالی که در نگاه اول به نظریه داروین به نظر می‌رسد همکاری و کمک به فرد دیگری با انتخاب طبیعی در تضاد باشد، آزمایشات و داده‌های تجربی وجود این رفتار را در بسیاری از جانوران نشان می‌دهد. چرا باید فردی به فرد دیگر کمک کند در حالی که در نزاع برای بقا با او قرار دارد؟ با این حال این رفتار در باکتری‌ها، ویروس‌ها، درختان، حیوانات و انسان دیده می‌شود.

برای بررسی این رفتار ابزارهای مناسبی در سال‌های اخیر توسط دانشمندان به کار گرفته شده است. مدل‌های نظریه بازی و نظریه بازی تکاملی در این میان کاربرد بسیاری داشته‌اند. بازی‌های اجتماعی مدل‌های ساده شده رفتارهای اجتماعی می‌باشند که برای تحلیل توسط دانشمندان به کار گرفته می‌شود. سازوکارهای متفاوتی بر پایه این بازی‌های اجتماعی و نظریه بازی برای توجیه تکامل رفتار همکاری ارائه شده است.

از سوی دیگر، مشاهدات اخیر نشان می‌دهد که انسان‌ها تنها موجوداتی نیستند که به عدم برابری پاسخ منفی می‌دهند. در برخی از گونه‌ها مشاهده شده است که در صورتی که برای انجام کاری مشابه، به آنها پاداش کمتری داده شود، واکنش منفی به این عمل نشان می‌دهند. در حالی که این آزمایشات بیان می‌کنند که این رفتار تنها به انسان اختصاص ندارد، هیچ توضیح عملکردی برای ظهور این رفتار پیشنهاد نمی‌کنند. با این حال داده‌ها از این فرضیه که این رفتار سازوکاری برای گسترش رفتار همکاری موفق در طولانی مدت می‌باشد، پشتیبانی می‌کند. در این پایان نامه مدلی محاسباتی بر پایه نظریه بازی برای تحلیل تکامل رفتارهای همکاری و پاسخ به عدم برابری ارائه شده است.

**کلید واژه‌ها:** همکاری، نوع دوستی، برابری خواهی، نظریه بازی، تکامل رفتاری

## صفحه

## فهرست عناوین

۱	مقدمه.....	۱
۲	۱.۱ مروری بر رهیافت‌های پیشین.....	۲
۳	۲.۱ رویکرد در این پایان نامه.....	۳
۵	۲ نظریه بازی.....	۵
۶	۱.۲ نمایش فرم نرمال و فرم گسترده یک بازی.....	۶
۸	۲.۲ استراتژی برتر و تعادل در نظریه بازی.....	۸
۹	۳.۲ بازی معمای زندانی‌ها.....	۹
۱۱	۴.۲ بازی پیشنهاد آخر.....	۱۱
۱۲	۵.۲ بازی بخشودگی مجازات.....	۱۲
۱۳	۶.۲ نظریه بازی تکاملی.....	۱۳
۱۳	۱.۶.۲ نظریه بازی تکاملی و نظریه بازی.....	۱۳
۱۵	۲.۶.۲ بازی شاهین کبوتر.....	۱۵
۱۶	۳.۶.۲ استراتژی ایستای تکاملی (ESS).....	۱۶
۱۷	۴.۶.۲ بازی سنگ، کاغذ، قیچی.....	۱۷
۱۸	۵.۶.۲ تکامل همراه.....	۱۸
۱۹	۳ تکامل رفتار همکاری.....	۱۹
۲۱	۱.۳ رفتار متقابل مستقیم.....	۲۱
۲۲	۲.۳ رفتار متقابل غیرمستقیم.....	۲۲
۲۴	۳.۳ انتخاب نژادی.....	۲۴
۲۴	۴.۳ انتخاب گروهی.....	۲۴
۲۵	۵.۳ انتخاب شبکه‌ای.....	۲۵
۲۷	۴ تکامل رفتار ناسازگاری با نابرابری.....	۲۷
۲۸	۱.۴ معرفی مدل پروفیسور نواک.....	۲۸
۲۹	۲.۴ استراتژی‌های ممکن در بازی پیشنهاد آخر.....	۲۹
۳۰	۳.۴ استراتژی پیروز در بازی پیشنهاد آخر.....	۳۰
۳۱	۴.۴ مدل بهبود یافته با امکان انتقال اطلاعات.....	۳۱
۳۲	۵.۴ نتایج مدل پروفیسور نواک.....	۳۲
۳۴	۵ مدل تکامل همراه رفتار همکاری و ناسازگاری با نابرابری.....	۳۴
۳۵	۱.۵ ناسازگاری با نابرابری.....	۳۵

۲.۵	مدل تکاملی ارائه شده.....	۳۶
۱.۲.۵	نیازمندی‌های مدل.....	۳۷
۲.۲.۵	اجزای مدل.....	۳۷
۳.۲.۵	ساختار کلی و پویایی مدل.....	۳۸
۴.۲.۵	نیازمندی‌های پاسخ داده شده در مدل.....	۴۰
۳.۵	نتایج شبیه سازی.....	۴۱
۴.۵	نتیجه‌گیری و بررسی نتایج.....	۴۴
۵.۵	محدودیت‌ها و کارهای بعدی.....	۴۵
۴۶	منابع و مراجع.....	
۴۸	پیوست‌ها.....	

## صفحه

## فهرست اشکال

شکل ۱.۲	نمونه فرم گسترده یک بازی.....	۸
شکل ۲.۲	فرم گسترده بازی پیشنهاد آخر.....	۱۱
شکل ۳.۲	روند شبیه سازی یک بازی تکاملی.....	۱۴
شکل ۱.۳	رفتار متقابل مستقیم.....	۲۱
شکل ۲.۳	رفتار متقابل غیرمستقیم.....	۲۳
شکل ۳.۳	نمایی از انتخاب گروهی.....	۲۵
شکل ۴.۳	نمایی از انتخاب شبکه ای.....	۲۶
شکل ۱.۴	تغییر روند تکاملی با افزوده شدن عامل اطلاعات.....	۳۲
شکل ۱.۵	چرخه اصلی مدل تکاملی ارائه شده.....	۳۸
شکل ۲.۵	تغییر شریک در مدل به منظور سود بیشتر.....	۳۹
شکل ۳.۵	نمودار تغییرات استراتژی عامل ها بر نسل.....	۴۱
شکل ۵.۴	نمودار میانگین $p$ و $q$ در نسل پایانی نسبت به تغییرات تعداد شریک.....	۴۲
شکل ۵.۵	نمودار میانگین $p$ و $q$ در نسل پایانی نسبت به تغییرات طول هر نسل.....	۴۳
شکل ۶.۵	نمودار میانگین $p$ و $q$ در نسل پایانی نسبت به تغییرات $t$ .....	۴۳



صفحه

فهرست جداول

جدول ۱.۲	نمونه فرم نرمال یک بازی.....	۷
جدول ۲.۲	فرم نرمال بازی معمای زندانی‌ها.....	۱۰
جدول ۳.۲	فرم نرمال بازی شاهین کیوتر.....	۱۵
جدول ۴.۲	فرم نرمال بازی سنگ کاغذ قیچی.....	۱۷
جدول ۱.۴	فرم نرمال بازی پیشنهاد آخر با استفاده از استراتژی‌های G1 تا G4.....	۳۰
جدول ۲.۴	فرم نرمال بازی پیشنهاد آخر با استفاده از استراتژی‌های G1 تا G4 با اضافه کردن امکان انتقال اطلاعات.....	۳۱

۱

مقدمه

## مقدمه

در سال‌های اخیر و با مطرح شدن نظریه بازی<sup>۱</sup>، بسیاری از جامعه‌شناسان و زیست‌شناسان تلاش کردند که با استفاده از ابزار تولید شده به بررسی و تحلیل دانسته‌های تجربی خود و طرح مدلی ریاضی از آنان بپردازند. مطالعات بین رشته‌ای در این زمینه فراگیر شده و با استفاده از مطالعات تجربی و مدل‌های ریاضی رفتارهای انسان مورد بررسی قرار می‌گیرید. در این میان طرح مدل‌هایی در شاخه نظریه بازی تکاملی<sup>۲</sup> که مدل‌های محاسباتی بر پایه نظریه بازی می‌باشند، برای تحلیل روش ایجاد و انتخاب شدن رفتارهای اجتماعی برای این دانشمندان از اهمیت بالایی برخوردار شد. رفتار همکاری<sup>۳</sup> و نوع دوستی<sup>۴</sup> جزء رفتارهایی هستند که بسیار مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

## ۱.۱ مروری بر رهیافت‌های پیشین

رفتار همکاری از این جهت برای دانشمندان مورد توجه قرار گرفته است که مخالف با نظریه تکامل به نظر می‌رسد. با این حال مدل‌های تکاملی بسیاری با ساز و کارهای متفاوت تکامل برای این رفتار طرح شده است که آنها را می‌توان در پنج دسته نوع دوستی متقابل مستقیم<sup>۵</sup>، نوع دوستی متقابل غیر مستقیم<sup>۶</sup>، انتخاب گروهی<sup>۷</sup>، انتخاب نژادی<sup>۸</sup> و انتخاب شبکه‌ای<sup>۹</sup> دسته بندی کرد [۱]. از این پنج دسته، ساز و کارهای سه دسته آخر در همه موجودات قابل ایجاد است، ولی نوع دوستی متقابل مستقیم فقط

---

<sup>۱</sup> Game Theory

<sup>۲</sup> Evolutionary Game Theory

<sup>۳</sup> Cooperation

<sup>۴</sup> Altruism

<sup>۵</sup> Direct reciprocal altruism

<sup>۶</sup> Indirect reciprocal altruism

<sup>۷</sup> Group Selection

<sup>۸</sup> Kin Selection

<sup>۹</sup> Spatial Selection

در موجودات با توانایی شناختی<sup>۱</sup> بالا دیده شده و نوع دوستی متقابل غیر مستقیم تقریباً فقط مختص به انسان می‌باشد.

از سوی دیگر، مشاهدات اخیر نشان می‌دهند که علاوه بر انسان، در گونه‌های دیگری نیز پاسخ منفی به سود نابرابر، در شرایطی که به ضرر موجود باشد، دیده می‌شود [۲]. با این حال هیچ توضیح عملکردی نمی‌تواند ظهور این رفتار در این گونه‌ها را با توجه به خصوصیات مشترک این گونه‌ها توجیه کند. با این حال داده‌ها از این فرضیه که بیزاری از نابرابری سازوکاری است که موجب ایجاد رابطه همکاری بلند مدت در میان غیرخویشان<sup>۲</sup> در یک گونه می‌شود، پشتیبانی می‌کند. همچنین مطالعات مقایسه‌ای نشان داده‌اند که رابطه‌ای مستقیم بین میزان همکاری بین غیرخویشان در یک گونه و میزان پاسخ به نابرابری در این گونه وجود دارد [۳]. این یافته نشان می‌دهد که پاسخ به نابرابری در یک ارتباط با میزان همکاری وجود داشته و اقتباس این رفتار منجر به سود بیشتر در یک تعامل از نوع همکاری می‌شود.

هنگامی که انسان در مورد توزیع منابع تصمیم‌گیری می‌کند، علاقه شدیدی نسبت به مقایسه سود خود با سود دیگری در یک تقسیم‌بندی نشان می‌دهد. در شرایط آزمایشگاه، گونه انسان نشان داده است که حاضر است از سود قطعی خود صرف‌نظر کند تا رقیب او سود بیشتری نسبت به او نداشته باشد [۴]. به نظر می‌آید که این رفتار موجب تغییر رفتار پیشنهاد دهندگان در یک تقسیم بندی منابع نیز می‌شود. اگر پیشنهاد دهنده متوجه شود که فرد مقابلش می‌تواند با رد پیشنهاد کل منبع را از هر دو بگیرد، در تقسیم بندی سود بیشتری را به او می‌دهد [۵].

## ۲.۱ رویکرد در این پایان نامه

در این پایان نامه با رویکردی بین رشته‌ای به تحلیل این مسئله پرداخته و مدلی محاسباتی را ارائه می‌دهیم. بدین منظور ابتدا در فصل دوم و سوم به بررسی رفتار همکاری پرداخته و در فصل چهارم رفتار پاسخ به عدم برابری را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. سپس در فصل آخر به جمع‌بندی این دو رفتار و ارائه مدل خود خواهیم پرداخت.

<sup>1</sup> Cognitive Ability

<sup>2</sup> Non-kin

در فصل دوم پایان نامه با توضیح در مورد نظریه بازی به بررسی نظریه بازی تکاملی و بازی‌های اجتماعی در این نظریه می‌پردازیم و بازی‌های مرتبط با این رفتارها از جمله بازی پیشنهاد آخر<sup>۱</sup>، بازی بخشودگی مجازات<sup>۲</sup> و بازی معمای زندانی‌ها<sup>۳</sup> را بررسی می‌کنیم. سپس به بررسی مدل‌های مختلف حرکت‌های تکاملی می‌پردازیم. در فصل سوم مدل‌های ارائه شده برای تحلیل رفتار همکاری را شرح می‌دهیم و پنج مدل رایج که منجر به گسترش رفتار همکاری می‌شود را توصیف خواهیم کرد. در فصل چهارم به بررسی رفتار پاسخ به عدم برابری پرداخته و مدل ارائه شده توسط پروفیسور نواک<sup>۴</sup> برای تحلیل رفتار انسان در بازی پیشنهاد آخر و همچنین تحلیل تفاوت این رفتار با دیگر موجودات می‌پردازیم. در فصل پنجم پس از ارائه شرح کاملی از ارتباط رفتار همکاری و پاسخ منفی در شرایط نابرابر با توجه به آزمایش‌های موجود بر روی انسان، میمون و شامپانزه، به بیان مدل خود می‌پردازیم. سپس نشان می‌دهیم چگونه رفتار پاسخ در برابر نابرابری از نظر تکاملی پایدار می‌باشد و با رفتار همکاری در یک حرکت تکامل همراه<sup>۵</sup> قرار دارند.

---

<sup>1</sup> Ultimatum Game

<sup>2</sup> Impunity Game

<sup>3</sup> Prisoner's dilemma

<sup>4</sup> Martin Nowak

<sup>5</sup> Coevolution

۲

## نظریه بازی

## نظریه بازی

نظریه بازی علمی است که در آن به مطالعه تصمیم‌گیری راهبردی پرداخته می‌شود. این نظریه در علوم اقتصادی، سیاسی، زیستی، روانشناسی و جامعه‌شناسی مورد استفاده قرار گرفته و به صورت جزئی جداناپذیر در مطالعات بین‌رشته‌ای درآمده است. نظریه بازی در سال ۱۹۵۰ در بسیاری از رشته‌ها به سرعت گسترش یافت و در سال ۱۹۷۰ نیز به صورت واضح در علم زیست‌شناسی مورد استفاده قرار گرفت [۶]. این در حالی است که استفاده‌های مشابه از این نظریه در زیست‌شناسی به سال ۱۹۳۰ باز می‌گردد. بنیان نظریه بازی بر نمایش استراتژی‌های مختلف بازیکنان در یک شرایط خاص و سود هر شخص و تحلیل استراتژی بهینه برای هر فرد استوار است. همچنین مفاهیمی چون نقطه تعادل<sup>۱</sup>، نقطه تعادل استراتژی ترکیبی<sup>۲</sup> و راهبرد برتر<sup>۳</sup> این ابزار را قوی‌تر کرده‌است. یک بازی در این نظریه به فرم نرمال<sup>۴</sup> یا به فرم گسترده<sup>۵</sup> نمایش داده می‌شود. در ادامه به توضیح فرم نرمال و فرم پیوسته یک بازی می‌پردازیم.

### ۱.۲ نمایش فرم نرمال و فرم گسترده یک بازی

فرم نرمال معمولاً برای بازی‌هایی که در آن دو بازیکن قرار دارند استفاده می‌شود. این فرم معمولاً با یک ماتریس نمایش داده شده که در آن بازیکن‌ها، استراتژی‌های ممکن برای هر بازیکن و سود هر استراتژی برای هر بازیکن نمایش داده شده است. هر استراتژی یک بازیکن یک سطر یا ستون می‌باشد و در یک خانه که ترکیبی از یک سطر و یک ستون می‌باشد سود حاصل برای فرد در صورت انتخاب استراتژی‌های متناظر قرار دارد. به طور جامع‌تر، فرم نرمال بازی را می‌توان توسط تابعی که به ازای هر ترکیبی از استراتژی‌های بازیکنان سودی را به هر بازیکن نسبت بدهد، نمایش داد. فرم نرمال زمانی استفاده

---

<sup>1</sup> Equilibrium

<sup>2</sup> Mixed-Strategy Equilibria

<sup>3</sup> Dominant Strategy

<sup>4</sup> Normal Form

<sup>5</sup> Extensive Form

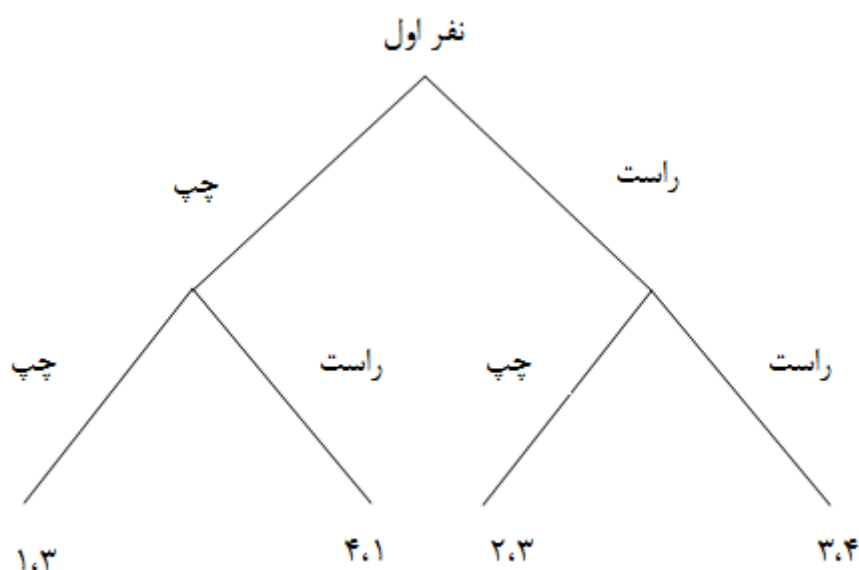
می‌شود که بازیکنان به صورت هم‌زمان استراتژی خود را انتخاب کنند یا اینکه حداقل در زمان انتخاب استراتژی خود از استراتژی بازیکن دیگر خبر نداشته باشند. مثال زیر نمونه ای از نمایش یک بازی به فرم نرمال است.

جدول ۱.۲ نمونه فرم نرمال یک بازی

بازیکن دوم انتخاب چپ	بازیکن دوم انتخاب راست	
۲،۱	۳،۲	بازیکن اول انتخاب بالا
۱،۳	۴،۴	بازیکن اول انتخاب پایین

فرم گسترده یک بازی معمولاً برای بازی‌هایی که ترتیب داشته و بازیکنان به ترتیب حرکت خود را انجام می‌دهند استفاده می‌شود. در این فرم، بازی بر روی یک درخت نمایش داده می‌شود. هر گره نشان‌دهنده نقطه‌ای است که یکی از بازیکنان باید استراتژی خود را انتخاب کند و یال‌های خروجی هر گره نمایش دهنده استراتژی‌های ممکن برای بازیکن در آن گره می‌باشد. سود هر ترکیبی از استراتژی‌ها در پایان و در برگ‌های درخت نمایش داده می‌شود. شکل ۱.۲ نمونه‌ای از فرم گسترده یک بازی را نشان می‌دهد.





شکل ۱.۲ نمونه فرم گسترده یک بازی

## ۲.۲ استراتژی برتر و تعادل در نظریه بازی

برای یک بازیکن استراتژی برتر، استراتژی می‌باشد که مستقل از بازی فرد دیگر بیشترین سود را به او بدهد. در مثال بالا استراتژی برتر برای بازیکن دوم انتخاب راست می‌باشد زیرا مستقل از انتخاب پایین یا بالا توسط بازیکن اول، انتخاب راست برای بازیکن دوم سود بیشتری خواهد داشت. این امکان نیز وجود دارد که بازیکنی استراتژی برتر نداشته باشد (مانند بازیکن اول در مثال بالا).

همچنین به  $S=(S_1, S_2)$  تعادل گفته می‌شود در صورتی که اگر بازیکن اول استراتژی  $S_1$  و بازیکن دوم استراتژی  $S_2$  را انتخاب کند، عوض کردن استراتژی برای هر کدام از بازیکنان سود بیشتری را به همراه نداشته باشد. در مثال بالا، زوج انتخاب پایین برای بازیکن اول و انتخاب راست برای بازیکن دوم یک تعادل را می‌سازد، زیرا تغییر استراتژی برای هر کدام از بازیکنان سود بیشتری را بوجود نمی‌آورد.

در مدل عام‌تری از یک بازی هر بازیکن می‌تواند از یک استراتژی ترکیبی استفاده کند، به این مفهوم که از میان استراتژی‌های موجود برای وی، هر استراتژی را با یک احتمال انجام دهد. برای این مدل از

بازی نیز تعادل تعریف می‌شود و مشابه با حالت قبل، تعادل نقطه‌ای است که تغییر در استراتژی (در اینجا تغییر در احتمال انجام هر استراتژی) هر بازیکن، سود بیشتری را برای او بوجود نیاورد.

نقطه تعادل و استراتژی برتر از این منظر قابل اهمیت می‌باشند که می‌توانند یک پیش‌بینی از نحوه عملکرد بازیکنان در بازی به ما بدهند. با توجه به ساختار استراتژی برتر، انتظار می‌رود که یک عامل منطقی<sup>۱</sup> در بازی این استراتژی را انتخاب کند. همچنین در یک بازی انتظار می‌رود که بازی در یکی از نقاط تعادل بازی متوقف شده و بعد از چند دور بازی و رسیدن به این استراتژی، دیگر هیچ بازیکنی استراتژی خود را عوض نکند. باید توجه شود که در بسیاری از این بازی‌ها از تعاملات اجتماعی گرفته شده‌اند و در واقعیت عامل‌ها ممکن است چندین بار در شرایط بازی قرار گیرند.

اکنون به بررسی چند بازی معروف اجتماعی پرداخته و نتایج برخی از مطالعات نظری که در محیط آزمایشگاه با گرفتن تست از افراد بدست آمده است را ذکر می‌کنیم.

## ۳.۲ بازی معمای زندانی‌ها

بازی معمای زندانی‌ها از جمله مهمترین ابزارها برای بررسی همکاری در تعاملات اجتماعی و همچنین ظهور همکاری در موجودات با توجه به نظریه داروین می‌باشد. این بازی نشان می‌دهد که چگونه دو نفر در همکاری برای این که خود به سود بیشتری برسند به خودشان ضرر وارد می‌کنند. توصیفی کلاسیک از این بازی به صورت زیر است:

دو مظنون توسط پلیس دستگیر شده‌اند و پلیس باید شواهد کافی برای محکومیت مظنونین جمع آوری کند. برای این کار پلیس به صورت جداگانه از مظنونین بازجویی می‌کند. اگر یکی از مظنونین علیه دیگری شهادت دهد و مظنون دیگر سکوت را ترجیح دهد، در این حالت مظنون اول آزاد و دیگری به یک سال حبس محکوم می‌شود. اگر هر دو سکوت در بازجویی را انتخاب کنند هر دو زندانی در زندان تنها برای یک ماه حبس خواهند کشید و اما اگر هر دو علیه دیگری شهادت دهند باید به مدت ۳ ماه هر

<sup>۱</sup> Rational Agent

زندانی حبس بکشد. هر زندانی باید بین خیانت و سکوت یکی را انتخاب کند و هر کدام از آنها نمی‌داند که دیگری کدام راه را انتخاب می‌کند [۷].

همانطور که در فرم نرمال این بازی در جدول ۲.۲ می‌بینید، استراتژی برتر برای هر بازیکن شهادت دادن علیه بازیکن دیگر می‌باشد و نقطه تعادل بازی، استراتژی شهادت داده برای هر دو بازیکن است. بنابراین پیش‌بینی می‌شود که در صورتی که بازی توسط دو عامل منطقی صورت گیرد، هر دو بر علیه یکدیگر شهادت دهند.

جدول ۲.۲ فرم نرمال بازی معمای زندانی‌ها

بازیکن دوم لو دادن	بازیکن دوم سکوت	
بازیکن اول سکوت	۱ ماه، ۱ ماه	۰ ماه، ۱ سال
بازیکن اول لو دادن	۱ سال، ۰ ماه	۳ ماه، ۳ ماه

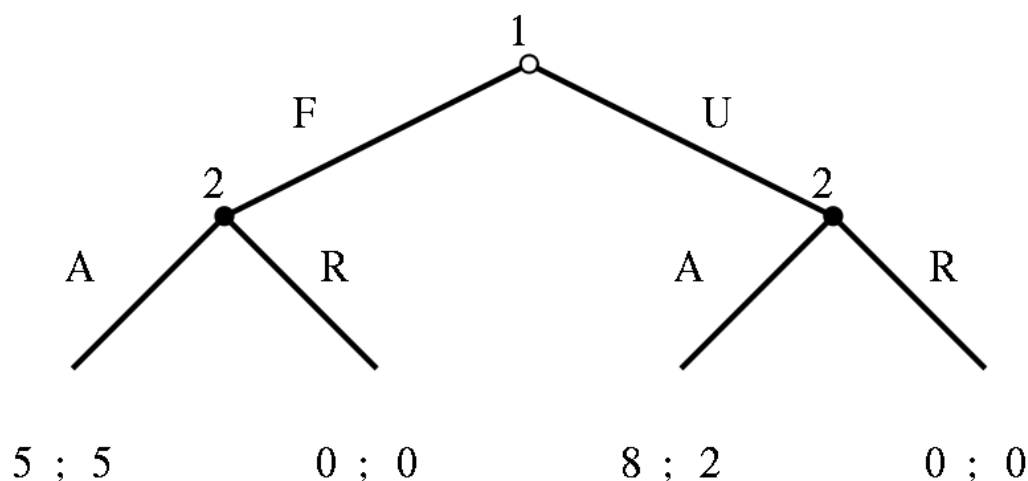
بر خلاف نقطه تعادل در این بازی، نتایج انجام این بازی در محیط آزمایشگاه نشان داده است که افراد بیشتر ترجیح می‌دهند که سکوت کنند [۸]. این بازی را از این رو می‌توان به رفتار همکاری در جانداران ارتباط داد که در صورتی که فردی گزینه سکوت را انتخاب کند یعنی در حقیقت به بازیکن دیگر اطمینان کرده که بر خلاف سود بیشتر، او نیز سکوت را انتخاب می‌کند. این شرایط یک شرایط همکاری<sup>۱</sup> را بوجود آورده که مورد تحقیق محققان می‌باشد. تئوری‌های مطرح شده سعی می‌کنند تا با استفاده از یک سازوکار تکاملی وجود چنین رفتاری را توجیه کنند که در فصل بعد بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

<sup>۱</sup> Cooperative Dilemma

## ۴.۲ بازی پیشنهاد آخر

بازی پیشنهاد آخر از جمله بازی‌هایی است که معمولاً در آزمایش‌های اقتصادی از آن استفاده می‌شود. این بازی دو نفره به این صورت است که مقداری منبع (در مدل استاندارد در آزمایشات، این منبع مالی و به میزان ۱۰ دلار می‌باشد) به یکی از افراد (او را از این پس پیشنهاد دهنده می‌نامیم) داده شده و از او خواسته می‌شود که پول را بین خود و بازیکن دیگر (او را از این پس پاسخ دهنده می‌نامیم) به طور دلخواه تقسیم کند. بعد از این تقسیم پاسخ دهنده می‌تواند پیشنهاد داده شده را بپذیرد یا رد کند. در صورتی که پیشنهاد پذیرفته شود، منبع به همان صورت تقسیم می‌شود، ولی در صورتی که پیشنهاد پذیرفته نشود تمام پول از هر دو نفر گرفته شده و هیچ پولی به هیچ کدام از افراد نمی‌رسد.

در فرم معمول‌تر این بازی به پیشنهاد دهنده دو انتخاب برای تقسیم پول داده می‌شود، انتخاب منصفانه (F) که تقسیم به میزان مساوی و انتخاب غیر منصفانه (U) که تقسیم ۸ به ۲ به نفع پیشنهاد دهنده می‌باشد. همچنین بعد از ارائه پیشنهاد، پاسخ دهنده می‌تواند پیشنهاد را پذیرفته (A) یا رد (R) کند. شکل ۲.۲ فرم گسترده این بازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲.۲ فرم گسترده بازی پیشنهاد آخر

همانطور که در فرم گسترده این بازی<sup>۱</sup> مشهود است، نقطه تعادل برای این بازی پیشنهاد غیرمنصفانه برای پیشنهاد دهنده و پذیرفتن این پیشنهاد از سوی پاسخ دهنده می‌باشد. در فرم کلی این بازی نیز نقطه تعادل استراتژی برتر برای پیشنهاد دهنده، پیشنهاد دادن کمترین میزان ممکن منابع برای پاسخ دهنده و برداشتن باقی برای خود می‌باشد. بهترین استراتژی برای پاسخ‌دهنده نیز قبول کردن این پیشنهاد است، زیرا هر مقداری کمی بیشتر از صفر می‌باشد.

در حالی که انتظار می‌رود یک عامل منطقی هر پیشنهادی را بپذیرد، در مطالعات نظری انجام شده، مشاهده می‌شود که معمولاً افراد پیشنهاد غیرمنصفانه را رد کرده و همچنین پیشنهاد دهندگان نیز استراتژی منصفانه را انتخاب می‌کنند [۹]<sup>۲</sup>. فرضیه‌ای که برای پاسخ که به این تناقض در عملکرد انسان و یک عامل منطقی وجود دارد، این است که انسان تمایل به برابری دارد و در راستای تحقق آن می‌کوشد. در پاسخ به این فرضیه، بازی بخشودگی مجازات مطرح شده است.

## ۵.۲ بازی بخشودگی مجازات

شرح بازی بخشودگی مجازات مشابه بازی پیشنهاد آخر می‌باشد، با تفاوت اینکه در بازی بخشودگی مجازات، در صورتی که پیشنهاد توسط پیشنهاد دهنده رد شود، مقداری پیشنهاد شده برای پیشنهاد دهنده به او رسیده و فقط پاسخ‌دهنده میزان پول پیشنهاد شده را دریافت نمی‌کند. در این بازی نیز نقطه تعادل مشابه با بازی پیشنهاد آخر می‌باشد ولی رد کردن یک پیشنهاد نه تنها باعث کاهش میزان نابرابری نمی‌شود، بلکه آن را افزایش نیز می‌دهد. به همین دلیل، برای رد کردن پیشنهاد توسط پاسخ‌دهنده فرضیه‌های دیگری همچون ارزشی که پاسخ دهنده برای خود قائل است<sup>۳</sup> مطرح شده است.

در هر حال، مطالعه و یافتن دلیل این رفتارها نیاز به تحلیل ریاضی بیشتر با مدل‌های تکاملی دارد. به همین دلیل در ادامه به توضیح در مورد نظریه بازی تکاملی می‌پردازیم.

<sup>۱</sup> در این بازی ابتدا نفر اول پیشنهاد خود را داده، سپس بازیکن دوم با اطلاع از استراتژی بازیکن اول پاسخ خود را می‌دهد. بنابراین در این شرایط از فرم گسترده استفاده می‌شود.

<sup>۲</sup> جداول آزمایشات انجام شده در شهرهای مختلف و نتایج آن در پیوست ۱ آمده است.

<sup>۳</sup> Self esteem

## ۶.۲ نظریه بازی تکاملی

نظریه بازی تکاملی از کاربردهای نظریه بازی در زیست‌شناسی می‌باشد که با تعریف چهارچوبی برای استراتژی‌های ممکن در طبیعت می‌تواند رقابت داروینی را مدل کند. تفاوت نظریه بازی تکاملی با نظریه بازی از این جهت می‌باشد که در نظریه بازی تکاملی نه تنها دید بر روی سود کیفی یک استراتژی می‌باشد، بلکه به تاثیر جمعیتی از گونه که از یک استراتژی خاص استفاده می‌کنند نیز توجه دارد. با این حال به دلیل پیچیدگی بسیار طبیعت و درگیر بودن قسمت‌های متفاوت بسیار در هر کنش، نظریه بازی تکاملی نتوانسته توضیح کاملی از بسیاری از کنش‌های در طبیعت به دست بدهد. با این وجود، این ابزار تاثیر به‌سزایی در توجیه ظهور و گسترش رفتار نوع‌دوستی داشته است.

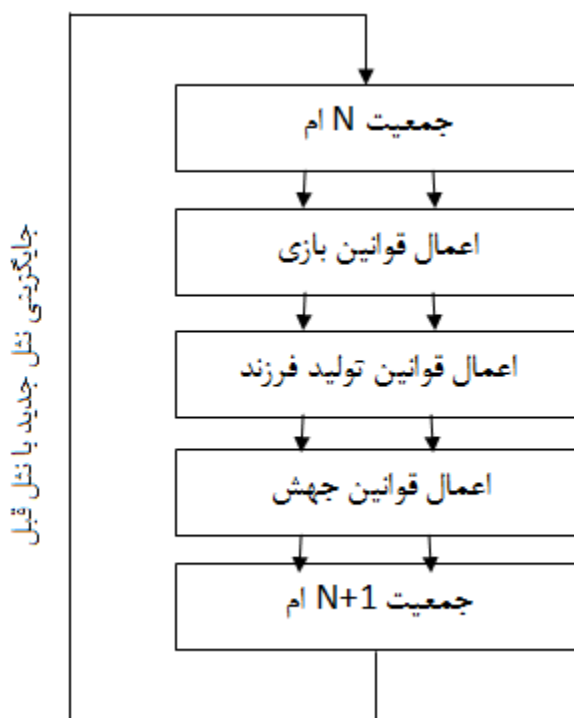
### ۱.۶.۲ نظریه بازی تکاملی و نظریه بازی

در نظریه بازی تکاملی بر خلاف نظریه بازی نیازی به منطقی بودن عامل نمی‌باشد و تنها مهم است که هر عامل دارای یک استراتژی باشد و نتیجه بازی نشان دهنده این است که هر استراتژی چه مقدار خوب بوده است. در طبیعت استراتژی‌ها بوسیله ژن انتقال یافته و هر فرزند استراتژی والد خود را به ارث می‌برد و این گونه استراتژی‌های متفاوت تست شده و استراتژی بهتر گسترش می‌یابد. نکته کلیدی از نظریه بازی تکاملی این است که اینکه یک استراتژی تا چه حد به تنهایی خوب است، دلیل ظهور آن نمی‌شود؛ بلکه خوبی یک استراتژی با توجه به اینکه استراتژی‌های دیگر با چه کثرتی استفاده می‌شوند تعیین می‌شود [۱۰].

هدف در یک بازی تکاملی برای یک موجود این است که تا جای ممکن سازگاری<sup>۱</sup> داشته باشد و همچنین سود هر بازیکن به ادامه نسل منجر می‌شود. هر میزان سود یک عامل بیشتر باشد تعداد فرزندان او بیشتر شده و استراتژی او در طبیعت فراوانی بیشتری پیدا می‌کند. معمولاً بازی‌های تکاملی دارای تعداد زیادی بازیکن می‌باشد و استراتژی‌ها و قوانین به صورت نظریه بازی کلاسیک نوشته می‌شود، با این تفاوت که سود یک استراتژی فقط میزان زاد و ولد و گسترش آن استراتژی در دور بعد بازی را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> Fitness

یک بازی با توجه به شرایط بالا در بی‌پایان دور بازی شده و بعد از هر دور و مشخص شدن میزان زاد و ولد، بازیکنان دور بعد را بازی می‌کنند. بر خلاف نظریه بازی کلاسیک، بازیکنان نمی‌توانند استراتژی خود را انتخاب کنند، بلکه با یک استراتژی به دنیا آمده و فرزندان آنها نیز همان استراتژی را به ارث خواهند برد. تنها حالت استثنا برای این شرط عامل جهش<sup>۱</sup> می‌باشد که باعث می‌شود یک فرزند با احتمال کمی استراتژی متفاوتی نسبت به والد خود داشته باشد. بعد از شبیه سازی بازی با شرایط ذکر شده، می‌توان فعالیت درونی یک سیستم طبیعی را مشاهده و کنش‌های طبیعت را تشریح کرد. شکل ۳.۲ روند شبیه سازی یک بازی تکاملی را نشان می‌دهد [۱۱].



شکل ۳.۲ روند شبیه سازی یک بازی تکاملی

<sup>۱</sup> Mutation

## ۲.۶.۲ بازی شاهین کبوتر<sup>۱</sup>

بازی شاهین کبوتر از کلاسیک‌ترین بازی‌های تکاملی می‌باشد. این بازی رقابت بر سر یک منبع مشترک (به عنوان مثال منبع غذایی) توسط دو گونه مشترک را نشان می‌دهد. هر عامل در این بازی ممکن است شاهین یا کبوتر باشد. در حقیقت این دو عامل، دو گونه از موجودات نمی‌باشند بلکه دو استراتژی متفاوت هستند. استراتژی شاهین نشان دادن حمله در ابتدا و در صورت عقب نشینی نکردن دشمن جنگ تا زمانی که پیروز شود یا مجروح شود، می‌باشد. استراتژی کبوتر این است که ابتدا حمله نشان دهد ولی در صورتی که با حمله جدی مواجه شد فرار کند و در صورتی که با حمله جدی مواجه نشد منابع را با رقیب اشتراک بگذارد. نمایش فرم نرمال نمونه‌ای از این بازی در جدول ۳.۲ آمده است [۱۲].

جدول ۳.۲ فرم نرمال بازی شاهین کبوتر

شاهین	کبوتر	
۳،۱	۲،۲	کبوتر
۲۰،۰	۱،۳	شاهین

با توجه به استراتژی‌ها، نتیجه هر کنش یکی از ۳ حالت زیر است:

- در صورتی که دو کبوتر بر سر یک منبع باشند، منبع را با یکدیگر تقسیم می‌کنند.
- در صورتی که یک شاهین و یک کبوتر بر سر یک منبع برسد کبوتر فرار کرده و شاهین منبع را تصرف می‌کند.
- در صورتی که دو شاهین بر سر یک منبع باشند، تا زمان مجروح شدن مبارزه می‌کنند.

<sup>۱</sup> Hawk Dove game

<sup>۲</sup> به دلیل مجروح شدن شاهین، سود آن در این حالت کمتر از فرار کردن کبوتر می‌باشد.



سود دقیق هر استراتژی در اینجا متناسب با احتمال ملاقات کبوتر یا شاهین است. در حقیقت در جایی که همه استراتژی شاهین را دارند، کبوتر بودن بهتر است و در جایی که همه استراتژی کبوتر را دارند، شاهین بودن استراتژی بهتری می‌باشد. در ادامه توضیح می‌دهیم که چگونه با استفاده از استراتژی ایستای تکاملی<sup>۱</sup> می‌توان فراوانی هر استراتژی را در این شرایط به دست آورد. با این حال نتایج این بازی نشان می‌دهد که چرا اکثر حیوانات به طور نمایشی جلوه حمله‌ای به خود گرفته ولی در صورتی که با حمله جدی مواجه شوند می‌گریزند.

### ۳.۶.۲ استراتژی ایستای تکاملی (ESS)

در نظریه بازی، زیست‌شناسی رفتاری<sup>۲</sup> و علوم اعصاب تکاملی<sup>۳</sup>، استراتژی ایستای تکاملی استراتژی است که توسط بازیکنان در محیط داده شده اختیار می‌شود. این مفهوم در سال ۱۹۷۳ توسط جان اسمیت<sup>۴</sup> مطرح شد که بعدها از آن در بسیاری از علوم دیگر از جمله اقتصاد، روانشناسی و فلسفه استفاده شد.

ESS معادل با نقطه تعادل استراتژی ترکیبی در نظریه بازی کلاسیک می‌باشد. همانطور که گفته شد نقطه تعادل در نظریه بازی ترکیب استراتژی است که در آن هر عامل مستقل از عامل‌های دیگر حاضر به عوض کردن استراتژی خود نباشد. ESS در نظریه بازی تکاملی به معنی نقطه‌ای می‌باشد که در آن فراوانی نسبی گونه‌ها (و متعاقباً استراتژی‌ها) به نحوی است که سود اختیار کردن هر استراتژی با استراتژی‌های دیگر برابر می‌باشد.

برای محاسبه این نقطه در صورت داشتن N استراتژی متفاوت، یک دستگاه با N معادله و N مجهول تولید شده که می‌توان آن را حل کرد و ESS را بدست آورد<sup>۵</sup>. در مثال آورده شده برای بازی شاهین کبوتر، ESS برابر است با فراوانی نسبی ۰٫۵ برای کبوتر و فراوانی نسبی ۰٫۵ برای شاهین.

<sup>۱</sup> Evolutionary Stable Strategy (ESS)

<sup>۲</sup> Behavioural Ecology

<sup>۳</sup> Evolutionary Neuroscience

<sup>۴</sup> John Maynard Smith

<sup>۵</sup> برای مطالعه بیشتر به پیوست ۲ مراجعه کنید.

## ۴.۶.۲ بازی سنگ، کاغذ، قیچی

یکی از بازی‌های نظریه بازی تکاملی، بازی سنگ، کاغذ، قیچی<sup>۱</sup> (RPS) می‌باشد که کاملاً شبیه همان بازی متداول در جامعه می‌باشد. سنگ، قیچی را می‌شکند؛ قیچی، کاغذ را پاره میکند و کاغذ، سنگ را می‌برد. در طبیعت گاهی شرایطی بوجود می‌آید که داشتن یک استراتژی ترکیبی برای طبیعت، یا همان فراوانی‌های متفاوت برای استراتژی‌های متفاوت، ممکن نیست. در این شرایط ابتدا اگر تمام جمعیت دارای استراتژی سنگ<sup>۲</sup> باشد، بعد از جهش و تولید یک کاغذ استراتژی کل جمعیت بعد از مدتی استراتژی کاغذ خواهند داشت. سپس یک جهش و تولید یک قیچی کل جمعیت را به استراتژی قیچی سوق می‌دهد تا زمانی جهش بر سنگ ایجاد شده و به همین صورت این دور برای استراتژی‌ها ادامه پیدا خواهد کرد.

جدول ۴.۲ فرم نرمال بازی سنگ کاغذ قیچی

قیچی	کاغذ	سنگ	
۱	-۱	۰	سنگ
-۱	۰	۱	کاغذ
۰	۱	۱-	قیچی

نمونه چنین شرایطی در طبیعت را می‌توان در مارمولک‌های پهلوی خالدار<sup>۳</sup> در ایالت یوتا، آمریکا یافت [۱۳]. این موجودات چند دگردیس<sup>۴</sup> با ۳ ظاهر متفاوت، که ۳ استراتژی متفاوت دارند، در طبیعت

<sup>۱</sup> Rock, Paper, Scissors

<sup>۲</sup> از سنگ، کاغذ و قیچی در اینجا به صورت تمثیلی استفاده شده است.

<sup>۳</sup> Side-Blotched Lizard

<sup>۴</sup> Polymorphic

وجود دارند. شرایط این موجودات دقیقاً مانند بازی سنگ، کاغذ، قیچی بوده و با دوره‌های ۶ ساله استراتژی غالب تغییر می‌کند.<sup>۱</sup>

## ۵.۶.۲ تکامل همراه

تکامل همراه، مدل سومی از حرکت‌های تکاملی است که در طبیعت یافت می‌شود [۱۴]. این مدل نسبت به دو مدل قبلی پیچیده‌تر بوده و بررسی آن نیازمند متغیرهای بیشتری نسبت به مدل‌های ESS و RPS می‌باشد. نمونه‌ای از این نوع حرکت تکاملی را می‌توان در روابط شکارچی-طعمه دید. طعمه استراتژی دارد که مقاومت او را در برابر شکار شدن توسط شکارچی افزایش می‌دهد. همچنین شکارچی یک ضد-استراتژی<sup>۲</sup> دارد که این مقاومت در برابر شکار شدن را کم می‌کند. برای مثال سمندر سخت پوست<sup>۳</sup> دارای سمی می‌باشد که برای ۳۰ بار کشتن یک انسان کافی می‌باشد. بدن شکارچی او، مار رایج بندکشی<sup>۴</sup>، در پاسخ به این استراتژی، ضد استراتژی مقاوم شدن در برابر این زهر را دارد. با گذشت زمان زهر سمندر قوی‌تر و بدن مار مقاوم‌تر شده است. در چنین شرایطی با گذشت زمان استراتژی و ضد استراتژی با یکدیگر تغییر می‌کنند و در حقیقت این دو موجود تکامل همراه داشته‌اند.

حال که با مدل‌های نظریه بازی تکاملی، به خصوص مدل تکامل همراه، مطرح شد، در ادامه به توضیح مدل‌های تکاملی رفتار همکاری و مدل‌های تکاملی رفتار ناسازگاری با نابرابری<sup>۵</sup> پرداخته، سپس مدل تکامل همراه برای این دو رفتار را مطرح خواهیم کرد.

<sup>۱</sup> برای مطالعه بیشتر به پیوست ۳ مراجعه کنید.

<sup>۲</sup> CounterStrategy

<sup>۳</sup> Rough-Skinned newt

<sup>۴</sup> Common Garter snake

<sup>۵</sup> Inequity Aversion

۳

## تکامل رفتار همکاری

## تکامل رفتار همکاری

تکامل رفتار همکاری موضوع علاقه برانگیزی میان زیست‌شناسان می‌باشد و دلیل آن این است که به نظر با نظریه تکامل در تضاد می‌باشد. همانطور که در فصل قبل گفته شد، بازی معمای زندانی نشان دهنده یک کنش نیازمند همکاری می‌باشد. بنابراین شرایط طبیعی را می‌توان با یک بازی معمای زندانی تکرارشونده<sup>۱</sup> متناظر کرد. با استقرای بازگشتی اثبات می‌شود تعادل در بازی معمای زندانی تکرارشونده همانند بازی معمای زندانی است. با توجه به تعادل بازی معمای زندانی، انتخاب طبیعی مخالف گسترش رفتار همکاری می‌باشد، مگر در شرایطی که سازوکار خاصی در جریان باشد.

یک سازوکار در تکامل رفتار همکاری یک ساختار تعامل می‌باشد که مشخص‌کننده این موضوع است که افراد چگونه برای تناظر با یکدیگر رقابت می‌کنند و چگونه تصمیم‌گیری خواهند کرد. پنج سازوکار پیشنهاد شده رایج که منجر به گسترش رفتار همکاری می‌شود عبارتند از:

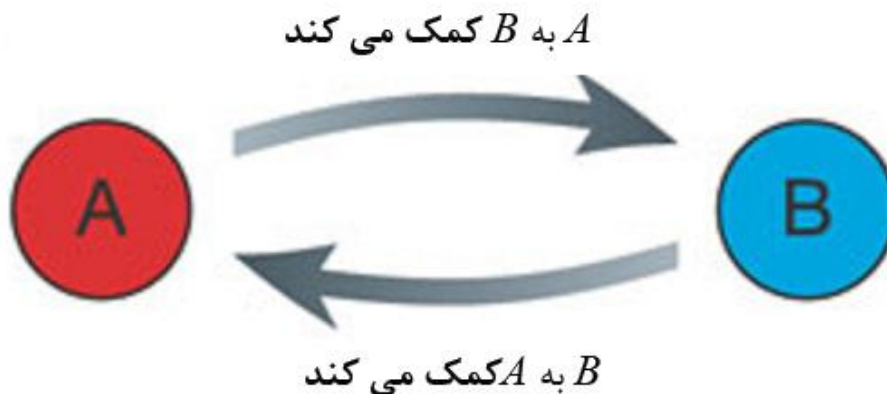
- رفتار متقابل مستقیم
- رفتار متقابل غیرمستقیم
- انتخاب نژادی
- انتخاب گروهی
- انتخاب شبکه‌ای

این پنج سازوکار هم به صورت مستقل و هم در ترکیب با یکدیگر منجر به تکامل و گسترش رفتار همکاری شده‌اند. در ادامه در مورد هر کدام از این سازوکارها توضیح خواهیم داد.

<sup>۱</sup> Iterative Prisoner's dilemma

### ۱.۳ رفتار متقابل مستقیم

در یک محیط طبیعی، افراد دفعات زیادی در شرایط همکاری قرار می‌گیرند. در این شرایط افراد می‌توانند استراتژی‌های شرطی<sup>۱</sup> داشته باشند، به این معنی که با توجه به نحوه عملکرد فرد مقابل خود استراتژی خود را انتخاب کنند و استراتژی‌های آنها ترکیبی و بر پایه گذشته ارتباط با عامل مقابل باشد [۱۵]. پایه سازوکار رفتار متقابل مستقیم همین فرض می‌باشد. در بازی معمای زندانی تکرار شونده، در صورتی که عامل‌های بازی در انتخاب استراتژی، دست‌های قبلی بازی را مد نظر بگیرند، استراتژی همیشه لو دادن بهترین استراتژی نمی‌باشد. در صورتی که احتمال ملاقات دوباره به اندازه کافی زیاد باشد، استراتژی‌هایی که در آن همکاری وجود دارد می‌تواند سازگاری بیشتری داشته باشد. استراتژی‌های ساده‌ای که معمولاً عامل‌ها در تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند شامل Win-stay-Lose-، Tit-for-Tat، Shift و grim-Trigger<sup>۲</sup> می‌باشد. معروف‌ترین این استراتژی‌ها که در انسان نیز بسیار معمول می‌باشد، Tit-for-Tat است. این استراتژی بر پایه تنها انتخاب قبلی عامل مقابل و به این صورت است که در صورتی که عامل مقابل در دست قبل استراتژی سکوت را انتخاب کرده بود، استراتژی سکوت انتخاب شود و در غیر اینصورت، استراتژی لو دادن انتخاب خواهد شد.



شکل ۱.۳ رفتار متقابل مستقیم

<sup>۱</sup> Conditional Strategy

<sup>۲</sup> توضیحات این استراتژی‌ها را در پیوست ۴ ملاحظه نمایید.

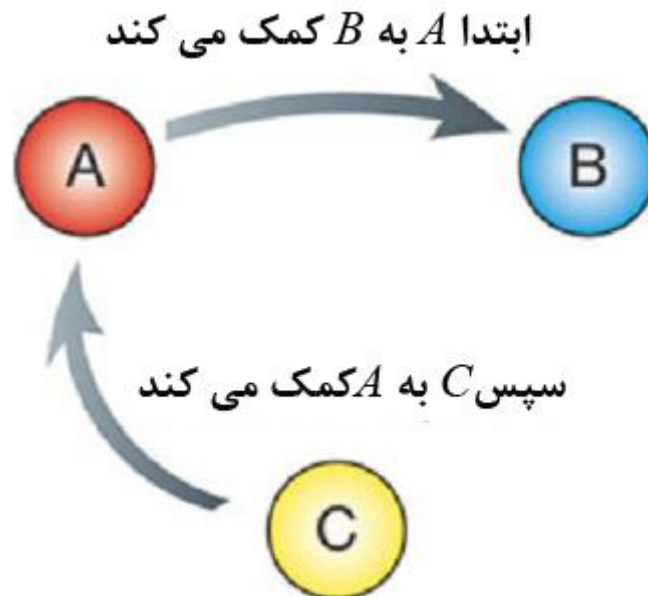
رفتار همکاری با استفاده از رفتار متقابل مستقیم نیاز به هویت یکتا برای عامل‌ها دارد. لذا این نوع همکاری در گونه‌هایی که قدرت تمایز یکدیگر را ندارند وجود نخواهد داشت. همچنین این استراتژی به تنهایی پایدار نخواهد بود به این معنی که هر کدام از استراتژی‌هایی که منجر به گسترش همکاری می‌شوند دارای ضد-استراتژی می‌باشد، که استراتژی با سود بیشتر بوده و منجر به توقف گسترش کامل رفتار همکاری می‌شود.

### ۲.۳ رفتار متقابل غیرمستقیم

نکته کلیدی در رفتار متقابل غیرمستقیم، شهرت<sup>۱</sup> می‌باشد [16]. مثل سازوکار قبل، در این شرایط نیز بازی در چند دور تکرار شده، با این تفاوت که اینجا تعیین استراتژی افراد با توجه به شهرت عامل مقابل بوده نه عملکرد او در دور قبل بازی. توجیه این عملکرد این است که در یک جامعه بزرگ، ممکن است هر دو فرد، دفعات متعدد در یک کنش از نوع همکاری قرار نگیرند، بنابراین تصمیم‌گیری بر اساس رفتار متقابل مستقیم غیرممکن یا غیردقیق خواهد بود. با این فرض که نتیجه عمل افراد در یک کنش از نوع همکاری برای تعداد دیگری از افراد قابل رویت خواهد بود و همچنین افراد در یک جامعه می‌توانند اطلاعات را به یکدیگر انتقال دهند، می‌توان از یک سازوکار شهرت‌سازی برای بررسی استراتژی یک عامل در مقابل جامعه استفاده کرده و در استراتژی خود از آن استفاده کرد.

همچنین با نگاهی کلی‌گرا می‌توان تفاوت دو عملکرد اخیر را اینگونه توصیف کرد که در رفتار متقابل مستقیم در کنش بعدی، فرد به طور مستقیم از انجام دادن رفتار همکارانه در کنش قبلی سود خواهد برد، در حالی که در رفتار متقابل غیرمستقیم سود عامل به صورت غیرمستقیم و توسط فرد دیگری به او خواهد رسید.

<sup>1</sup> Reputation



شکل ۲.۳ رفتار متقابل غیر مستقیم

یک استراتژی در مدل رفتار متقابل غیرمستقیم از هنجارهای اجتماعی و قوانین برای انتخاب استراتژی تشکیل شده است. قسمت هنجار اجتماعی مربوط به نحوه قضاوت جامعه در مقابل یک عمل برای ساخت شهرت عامل است. مثلاً اینکه آیا لو دادن یک فرد با شهرت بد باعث بد شدن شهرت فرد لو دهنده می‌شود یا خیر. قسمت قوانین مربوط به انتخاب استراتژی مشخص می‌کند که در مقابل هر عامل با هر شهرتی چه عملی را باید انجام داد.

برای موثر بودن سازوکار رفتار متقابل غیرمستقیم، هر فرد باید بتواند اطلاعات بدست آورده را با دیگران به اشتراک بگذارد. بدین منظور، هر عامل باید درباره هر عامل دیگری که حضور ندارند صحبت کند و این امر به جز در صورت وجود نام خاص برای هر عامل در جامعه ممکن نیست. به همین دلیل ادعا می‌شود که این سازوکار برای همکاری فقط در موجودات با توانایی شناختی بسیار قوی (در حال حاضر منحصر به انسان) وجود دارد. برخی از جامعه شناسان ادعا کرده‌اند که رفتار متقابل غیرمستقیم از عوامل اصلی در ظهور سیستم‌های اخلاقی<sup>۱</sup> اجتماعی در جوامع انسانی می‌باشد.

---

<sup>1</sup> Moral Systems



### ۳.۳ انتخاب نژادی

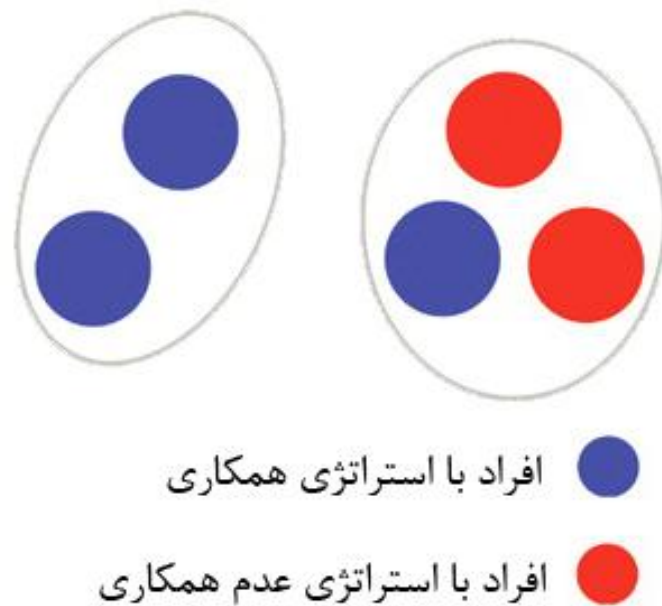
انتخاب نژادی سازوکاری است که به روابط نژادی و ژنتیکی بستگی دارد [۱۷، ۱۸]. آزمایش‌های متعدد نشان داده است که هر موجود برای سود رساندن به موجوداتی که با او روابط خویشی (و در نتیجه شباهت ژنتیکی نسبتاً زیاد) دارند حاضر به ضرر بیشتری نسبت به دیگر موجودات همگونه او دارند، می‌باشد. به طور ساده‌تر، هر فرد اقوام نزدیک خود را به اقوام دور خود ترجیه می‌دهد و همچنین اقوام دور خود را به بیگانگان ترجیه می‌دهد. بنابراین اگر فردی در انتخاب استراتژی خود در هر کنش همکاری به اقوام خود اولویت بالاتری برای همکاری دهد، به گسترش ژن خود کمک خواهد کرد و در نتیجه ژن همکاری گسترش پیدا خواهد کرد.

این گونه از همکاری در بسیاری از جانداران یافت می‌شود و رفتار بسیاری از گونه‌ها، مانند حشراتی که به طور اجتماعی زندگی می‌کنند را توجیه می‌کند. بسیاری از جانداران با از خودگذشتگی به افرادی که با آنها ژن مشترکی دارند کمک می‌کنند تا سازگاری بیشتری با محیط داشته و در نتیجه شانس بیشتری برای انتخاب شدن داشته باشند.

### ۴.۳ انتخاب گروهی

داروین می‌گوید [۱۹]: در این شکی نیست که قبیله‌ای که در آن افرادی وجود دارند که همیشه آماده کمک به دیگران و فدا کردن خود برای سود دادن به قبیله هستند، بر قبیله‌های دیگر پیروز خواهند شد و این جزو انتخاب طبیعی می‌باشد. ایده اصلی در انتخاب گروهی این است که مخاطب انتخاب طبیعی نه تنها افراد، بلکه گروه‌ها نیز می‌باشند. همانطور که افراد برای انتخاب شدن با یکدیگر در یک گروه در رقابت هستند، گروه‌ها نیز با یکدیگر رقابت می‌کنند. این مفهوم همان انتخاب گروهی یا انتخاب چند مرحله‌ای<sup>۱</sup> است.

<sup>۱</sup> Multi-Level Selection



شکل ۳.۳. نمایی از انتخاب گروهی

انتخاب گروهی نیز می‌تواند سازوکاری برای گسترش همکاری باشد. در یک سناریو ساده، در یک گروه کسانی که استراتژی لو دادن را انتخاب می‌کنند و همکاری نمی‌کنند، نسبت به دیگران در گروه سازگاری بیشتری دارند ولی گروه‌هایی که تعداد بیشتری همکاری کننده دارند بر گروه دیگر غلبه خواهند کرد. انتخاب گروهی سازوکار بسیار قوی برای گسترش همکاری می‌باشد، به خصوص در شرایطی که محیط شامل تعداد زیادی گروه کوچک بوده و نرخ مهاجرت بین گروه‌ها کم باشد.

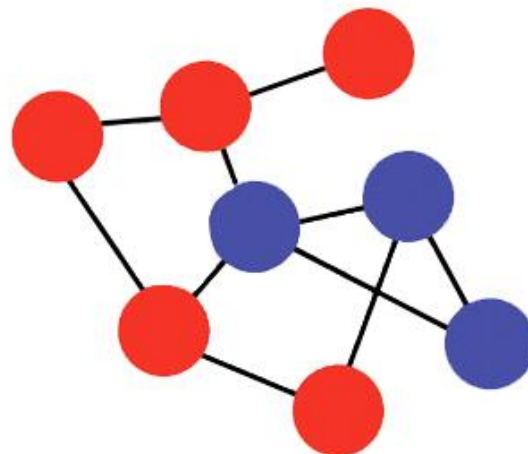
## ۵.۳ انتخاب شبکه‌ای

انتخاب شبکه‌ای یا انتخاب منطقه‌ای<sup>۱</sup> توجه به ساختار جغرافیایی یک محیط و ارتباطات در بررسی تکامل می‌باشد [۲۰]. خروجی بازی‌های تکاملی تحت تاثیر ساختار جمعیتی<sup>۲</sup> مورد مطالعه است. استراتژی‌هایی که در جمعیت‌های مرکب با ساختار اتفاقی ممکن است در یک ساختار خاص جمعیتی

<sup>۱</sup> Spatial Selection

<sup>۲</sup> Population Structure

نتیجه یکسانی بدست ندهد. ساختار جمعیتی مشخص می‌کند چه کسی با چه کسی تعامل داشته باشد و کدام عامل با کدام عامل برای بقا تنازع دارد. ساختار جمعیتی ممکن است ایستا یا پویا باشد. این ساختار می‌تواند از موقعیت جغرافیایی یا ساختارها و شبکه‌های اجتماعی تاثیر بگیرد.



● افراد با استراتژی همکاری  
● افراد با استراتژی عدم همکاری

شکل ۴.۳ نمایی از انتخاب شبکه‌ای

انتخاب شبکه می‌تواند گسترش رفتار همکاری شود، زیرا کسانی که رفتار همکارانه دارند، با قرار گرفتن در خوشه‌هایی متشکل از افرادی شبیه خود، با فرض اینکه در اینگونه مدل‌ها افرادی که در همسایگی یکدیگر قرار دارند با یکدیگر تعامل خواهند داشت، می‌توانند از آسیب ارتباط با افراد دیگر و سوء استفاده آنان مصون باشند.

۴

## تکامل رفتار ناسازگاری با نابرابری

## تکامل رفتار ناسازگاری با نابرابری

رفتار ناسازگاری در برابر نابرابری نه تنها در انسان، بلکه در موجودات دیگری از جمله شامپانزه‌ها نیز دیده شده است. آزمایشات نشان داده است که افراد برای ایجاد برابری حاضر به رد کردن یک بهره می‌باشند، حتی زمانی که این رد کردن بهره باعث افزایش نابرابری شود [۲۱]<sup>۱</sup>. این رفتار در انسان حتی باعث تغییر رفتار انسان در پیشنهادات نیز شده است. افراد در هنگام تقسیم کردن یک منبع، هنگامی که فرد مقابل توانایی رد کردن یک پیشنهاد را دارد، پیشنهاد بیشتری به وی می‌دهند.

آزمایش‌های انجام شده در بازی آخرین پیشنهاد و بخشودگی مجازات بینش خوبی نسبت به تصمیم‌گیری انسان در این شرایط داده است. با این حال، پاسخ به این پرسش که چرا این رفتار، که مخالف با مدل‌های نظریه بازی و تعادل می‌باشد، تکامل پیدا کرده است، هنوز مورد مطالعه دانشمندان است. مدل تکاملی پروفیسور نواک به خوبی گسترش این رفتار را توجیه کرده و همچنین به خوبی تفاوت رفتار بازی انسان و شامپانزه در این بازی را تحلیل می‌کند. در ادامه به بررسی این مدل می‌پردازیم.

### ۱.۴ معرفی مدل پروفیسور نواک [۲۲]

این مدل بازی پیشنهاد آخر را به عنوان بازی مورد نظر برای استفاده در مدل تکاملی در نظر گرفته است. همانطور که گفته شد، در بازی پیشنهاد آخر هدف تقسیم منبعی (در بسیاری از آزمایش‌ها این منبع پول می‌باشد) بین دو نفر می‌باشد. پیشنهاد دهنده باید این منبع را تقسیم کند و پاسخ‌دهنده می‌تواند این پیشنهاد را پذیرفته یا رد کند. در صورت رد کردن پیشنهاد، منبع به طور کامل از طرفین گرفته می‌شود. ولی در صورت پذیرفتن پیشنهاد منبع همانطور که پیشنهاد داده شده بین دو طرف تقسیم می‌شود. تعادل این بازی این است که پیشنهاد دهنده کمترین میزان ممکن پول را پیشنهاد داده و باقی پول را خود بردارد و همچنین پاسخ دهنده با این منطق که هر مقدار پول بیشتر از صفر است این پیشنهاد را بپذیرد. با این حال نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان داده است که افراد معمولاً ۴۰٪-۵۰٪ از مبلغ را پیشنهاد می‌دهند و همچنین نیمی از بازیکنان پیشنهادات زیر ۳۰٪ را رد می‌کنند.

<sup>۱۱</sup> به نتایج آزمایشات تجربی برای بازی‌های پیشنهاد آخر و بخشودگی مجازات در فصل ۲ مراجعه شود.

این مدل برای هر استراتژی‌های ممکن در پیشنهاد دادن و همچنین پذیرفتن یک پیشنهاد عواملی منطقی در نظر گرفته و با استفاده از شبیه سازی یک جامعه متشکل از این عامل‌ها، میزان سازگاری هر کدام از استراتژی‌ها را بررسی کرده است.

## ۲.۴ استراتژی‌های ممکن در بازی پیشنهاد آخر

استراتژی هر عامل در این مدل با دو مقدار مشخص می‌شود، مقداری از منبع که وی در هر دور بازی پیشنهاد می‌دهد ( $p$ ) و میزان آستانه برای پذیرفتن یک پیشنهاد ( $q$ ). بنابراین در یک دور بازی در صورتی که عاملی پیشنهاد دهنده باشد میزان نسبی  $p$  را به پیشنهاد می‌دهد. همچنین در صورتی که عامل به عنوان پاسخ‌دهنده باشد هر میزان پیشنهاد کمتر از  $q$  را رد خواهد کرد.

برای ساده شدن مدل اولیه بر پایه نظریه بازی برای هر کدام از این دو فاکتور یکی از دو مقدار زیاد ( $h$ ) یا کم ( $l$ ) را در نظر می‌گیریم که رابطه آنها بصورت زیر است.

$$0 < l < h < \frac{1}{2}$$

با این فرض چهار مدل مختلف قابل تصور است.

- $G1 = (l, l)$  که می‌توان آن را استراتژی منطقی دانست. این استراتژی پیشنهادات کم را نیز قبول می‌کند و پیشنهاد کم نیز می‌دهد. این استراتژی همان استراتژی می‌باشد که از لحاظ نظریه بازی منطقی بوده و تعادل بازی پیشنهاد آخر می‌باشد.
- $G2 = (h, l)$  استراتژی است که منصفانه پیشنهاد می‌دهد ولی پیشنهادات کم را نیز می‌پذیرد.
- $G3 = (h, h)$  استراتژی منصفانه می‌باشد که در آن فقط مقدار زیاد پیشنهاد داده می‌شود ولی عامل فقط پیشنهادات زیاد را نیز می‌پذیرد. این استراتژی، استراتژی غالب در جامعه می‌باشد.

- $G4 = (l, h)$  نیز نوعی از استراتژی می‌باشد که معمولاً در جامعه پیدا نمی‌شود و فقط در بیماران روانی خاص<sup>۱</sup> پیدا می‌شود. البته این استراتژی به صورت تکاملی پایدار نیست، ولی با این حال برای کامل بودن مدل این استراتژی نیز به مدل اضافه کرده‌ایم.
- حال باید بررسی شود که در تعامل این استراتژی‌ها کدام استراتژی گسترش می‌یابد.

### ۳.۴ استراتژی پیروز در بازی پیشنهاد آخر

در یک تعامل بین استراتژی‌های متفاوت می‌توان فرم نرمال بازی در کنش بین استراتژی‌های متفاوت را به صورت جدول ۱.۴ رسم کرد. این جدول سود حاصل از اجرای یک دست بازی دوطرفه پیشنهاد آخر را نمایش داده است. بازی دوطرفه پیشنهاد آخر به این صورت است که بازی دو دور انجام شده و در دور دوم جای پیشنهاد دهنده و پاسخ دهنده عوض خواهد شد.

جدول ۱.۴ فرم نرمال بازی پیشنهاد آخر با استفاده از استراتژی‌های  $G1$  تا  $G4$

$G4$	$G3$	$G2$	$G1$	
$l$	$H$	$1 - l + h$	$1^2$	$G1$
$1 - h + l$	$1$	$1$	$1 - h + l$	$G2$
$1 - h$	$1$	$1$	$1 - h$	$G3$
$0$	$H$	$1 - l + h$	$1 - l$	$G4$

<sup>۱</sup> برای مثال مبتلایان به بیماری ایتسم در بازی پیشنهاد آخر این استراتژی را دنبال می‌کنند.

<sup>۲</sup> به دلیل متقارن بودن جدول، در هر خانه سود استراتژی سطر آن خانه نوشته شده است.

در یک جامعه شامل بازیکنان با استراتژی  $G1$  و  $G3$ ، با توجه به فراوانی اولیه این دو استراتژی، تمام بازیکنان تبدیل به  $G1$  یا  $G3$  خواهند شد. ترکیبی از  $G1$  و  $G2$ ، مستقل از تعداد اولیه تبدیل به  $G1$  خواهند شد. ترکیب استراتژی  $G2$  و  $G3$  به صورت طبیعی پایدار خواهد بود و هر تغییری به صورت اتفاقی خواهد بود. با توجه به تبدیلات ترکیبات استراتژی  $G1$ ، استراتژی فراگیر خواهد شد. بنابراین با شروع از هر ترکیب اولیه استراتژی‌ها، تکامل ساختار جمعیتی را به جمعیتی شامل تنها افرادی با استراتژی  $G1$  سوق خواهد داد.

#### ۴.۴ مدل بهبود یافته با امکان انتقال اطلاعات

حال با اضافه کردن امکان انتقال اطلاعات به این مدل، تغییر پویایی مدل تکاملی را بررسی می‌کنیم. فرض کنید که بازیکنان بتوانند اطلاعاتی را راجع به استراتژی افراد دیگر بدست آورند. به همین دلیل در صورتی که فردی پیشنهادات کم را نیز قبول کند، افراد با استراتژی دادن پیشنهاد بالا، تصمیم به پیشنهاد کم دادن به وی بگیرند. فرض کنید که این تغییر باعث شود که افرادی که  $h$  پیشنهاد می‌دهند به افرادی که  $l$  را قبول می‌کنند، به طور میانگین به اندازه  $a$  کمتر پیشنهاد دهند. فرم نرمال بازی در کنش بین استراتژی‌های متفاوت را به صورت جدول ۲.۴ خواهد کرد.

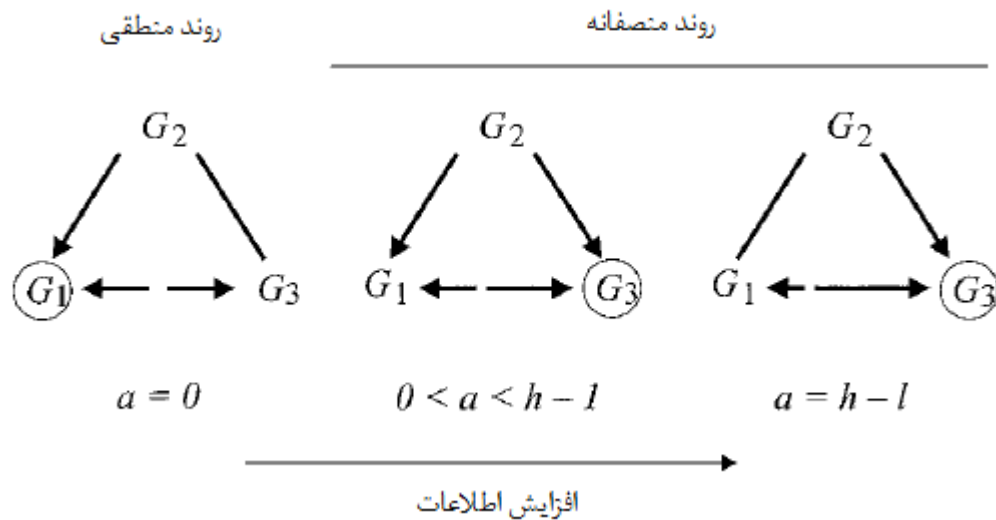
جدول ۲.۴ فرم نرمال بازی پیشنهاد آخر با استفاده از استراتژی‌های  $G1$  تا  $G4$  با اضافه کردن امکان انتقال اطلاعات

$G4$	$G3$	$G2$	$G1$	
$l$	$h - a$	$l - h + a$	$l$	$G1$
$l - h + l$	$l - a$	$l$	$l - h + l + a$	$G2$
$l - h$	$l$	$l + a$	$l - h + a$	$G3$
$\cdot$	$H$	$l - l + h$	$l - l$	$G4$

<sup>۱</sup> به دلیل مقارن بودن جدول، در هر خانه سود استراتژی سطر آن خانه نوشته شده است.



در مدل جدید، تکامل استراتژی  $G_2$  را به  $G_1$  و  $G_3$  سوق خواهد داد. با بزرگ‌تر شدن  $a$  این تغییر به سمت  $G_3$  بیشتر از  $G_1$  خواهد شد. همچنین با افزایش  $a$  از صفر به  $h-1$ ، جامعه شامل  $G_1$  و  $G_3$  به سمت  $G_3$  سوق بیشتری خواهد گرفت. بنابراین در جامعه‌ای متشکل از تمام استراتژی‌ها، تکامل باعث تغییر استراتژی‌ها به سمت  $G_3$  خواهد شد.



شکل ۱.۴ تغییر روند تکاملی با افزوده شدن عامل اطلاعات

## ۵.۴ نتایج مدل پروفیسور نواک

مدل ارائه شده توسط پروفیسور نواک، علاوه بر ارائه مدلی برای ساختار تکامل رفتار انسان در تصمیم‌گیری و مقابله با نابرابری، مدلی برای تحلیل رفتار دیگر پستانداران نخستین پایه<sup>۱</sup> از جمله شامپانزه‌ها داد. طبق آزمایش‌های انجام شده، شامپانزه‌ها استراتژی مشابه با استراتژی  $G_1$  که همان استراتژی منطقی است، از خود نشان داده‌اند. طبق این مدل، تفاوت این دو رفتار در انسان و شامپانزه را

<sup>1</sup> Primate

می‌توان به تکامل بیشتر توانایی‌های شناختی از جمله انتقال اطلاعات اجتماعی و همچنین قدرت ذهنیت<sup>۱</sup> در انسان دانست.

این مدل نشان داد که چرا انسان تمایل به منصفانه پیشنهاد دادن دارد و چرا پیشنهاد غیرمنصفانه پذیرفته نمی‌شود. همچنین این مدل نشان می‌دهد با اضافه شدن فاکتور شهرت در بازی آخرین پیشنهاد، تمایل به رفتار منصفانه در این بازی بیشتر خواهد شد. این یافته مدل، با آزمایش‌های انجام شده مطابقت دارد.

---

<sup>۱</sup> Theory of Mind ability

۵

## مدل تکامل همراه رفتار همکاری و ناسازگاری با نابرابری

## مدل تکامل همراه رفتار همکاری و ناسازگاری با نابرابری

اخیرا این فرضیه که پاسخ منفی به نابرابری باعث افزایش موفقیت در یک رابطه همکاری طولانی مدت در میان افراد غیرخویشاوند می شود توسط محققان ارائه شده است. با این که این فرضیه در گذشته فقط در مورد انسان مطرح می شد، نتایج تحقیقات جدید از مطرح کردن این پیشنهاد برای بعضی از موجودات دیگر از جمله پستانداران نخستین پایه مطرح شده است.

### ۱.۵ ناسازگاری با نابرابری [۲]

ناسازگاری با نابرابری سازوکاری است که باعث می شود یک جاندار در شرایطی که بودن در یک رابطه به سود او نیست، شریک خود را عوض کند. در صورتی که پیدا کردن شریک<sup>۱</sup> جدید، باعث افزایش سود وی شود، با توجه به طولانی مدت بودن این رابطه، ضرر حاصل از هزینه پیدا کردن یک شریک بسیار کمتر از سود پیدا کردن شریک جدید خواهد بود. این سازوکار به دلیل افزایش زیاد سود موجود در رابطه، تاثیر بسیار مثبتی در انتخاب طبیعی این موجود و در نتیجه خود رفتار پاسخ به نابرابری خواهد داشت.

قابل توجه است که این فرضیه، با عملکرد افراد در بازی بخشودگی مجازات تطابق دارد. همانطور که مطرح شد، رد کردن پیشنهاد در بازی بخشودگی مجازات باعث افزایش نابرابری خواهد شد، با این حال این رفتار در بسیاری از آزمایش ها دیده شده است<sup>۲</sup>. این تناقض با این فرضیه قابل توجیه است که رفتار ناسازگاری با نابرابری، هر چند ممکن است باعث کاهش سود در کوتاه مدت شود، ولی در بلند مدت سود حاصله از تعویض شریک باعث افزایش سود در بلند مدت خواهد شد.

نکته دیگر اینکه، در این مکانیسم نیازی به فهم خودآگاه نیست. افرادی که در آنها رفتار ناسازگاری با نابرابری بوجود آمده نیاز به درک قصد موجود مقابل از این کار نداشته و تنها نیاز به قدرت شناسایی شریک (که در بسیاری از موجودات در طبیعت وجود دارد)، برای برقراری این سازوکار کافی می باشد.

<sup>۱</sup> Partner

<sup>۲</sup> به پیوست ۵ مراجعه شود.

از سوی دیگر این تئوری با سود بیشتر برای پیشنهاد دهنده سازگاری دارد. با ظهور چنین رفتاری، شریک‌هایی که در نقش پیشنهاد دهنده عمل می‌کنند، با دادن پیشنهاد بیشتر شانس خود را برای پیدا کردن یک شریک بهتر افزایش می‌دهند. در حقیقت این عملکرد می‌تواند باعث ایجاد یک مدل مبتنی بر شهرت شود که باعث افزایش سود افراد برابری طلب در جامعه شود. بنابراین این سازوکار از سوی دیگر (سوی پیشنهاد دهنده) نه تنها باعث کند شدن روند تکامل نمی‌شود، بلکه به این امر سرعت خواهد بخشید.

نکته دیگر در این فرضیه نگاه به سود نسبی موجود و نه سود قطعی او می‌باشد. این موضوع به خوبی با انتخاب طبیعی مطابقت دارد، زیرا در انتخاب طبیعی مهم سود نسبی یک موجود است، نه سود قطعی. یک موجود در صورت داشتن سود بیشتر نسبت به موجود دیگر، تعداد فرزندان بیشتری خواهد داشت و در نتیجه ژن او انتخاب خواهد شد. بنابراین از انتخاب طبیعی انتظار می‌رود که رفتاری که باعث افزایش سود یک موجود نسبت به موجود دیگری را می‌شود در روند تکاملی انتخاب کند. البته، این امر به این معنی نیست که خود موجود باید از یک روند مقایسه‌ای به طور خودآگاه استفاده کند، بلکه انتخاب طبیعی به طور مستقیم و مستقل از درک موجود از عملکرد خود، این رفتار را انتخاب خواهد کرد.

## ۲.۵ مدل تکاملی ارائه شده

با توجه به پیش‌فرض‌های ارائه شده برای این سازوکار، برای طراحی مدل قسمت‌های زیر مورد نیاز است.

- نیازمندی‌های مدل
- اجزای مدل
- ساختار کلی و پویایی مدل<sup>۱</sup>
- متغیرها

<sup>۱</sup> Model dynamic

### ۱.۲.۵ نیازمندی‌های مدل

با توجه به تکاملی بودن این سازوکار، مدل باید از ساختار مدل‌های تکاملی که شامل، اعمال قوانین بازی، اعمال قوانین تولید فرزند (که بر اساس نظریه انتخاب طبیعی است)، اعمال قوانین جهش ژنتیکی است پیروی کند. همچنین افراد باید با یکدیگر در رابطه‌هایی برای انجام بازی قرار داشته باشند. از بازی پیشنهاد آخر به عنوان بازی در این مدل استفاده می‌کنیم.

هر فرد باید بتواند با پذیرفتن هزینه‌ای رابطه خود را تغییر دهد. تعداد دورهای بازی برای هر نسل باید به اندازه کافی طولانی باشد تا بتوان از سود تغییر رابطه در طولانی مدت استفاده کرد.

### ۲.۲.۵ اجزای مدل

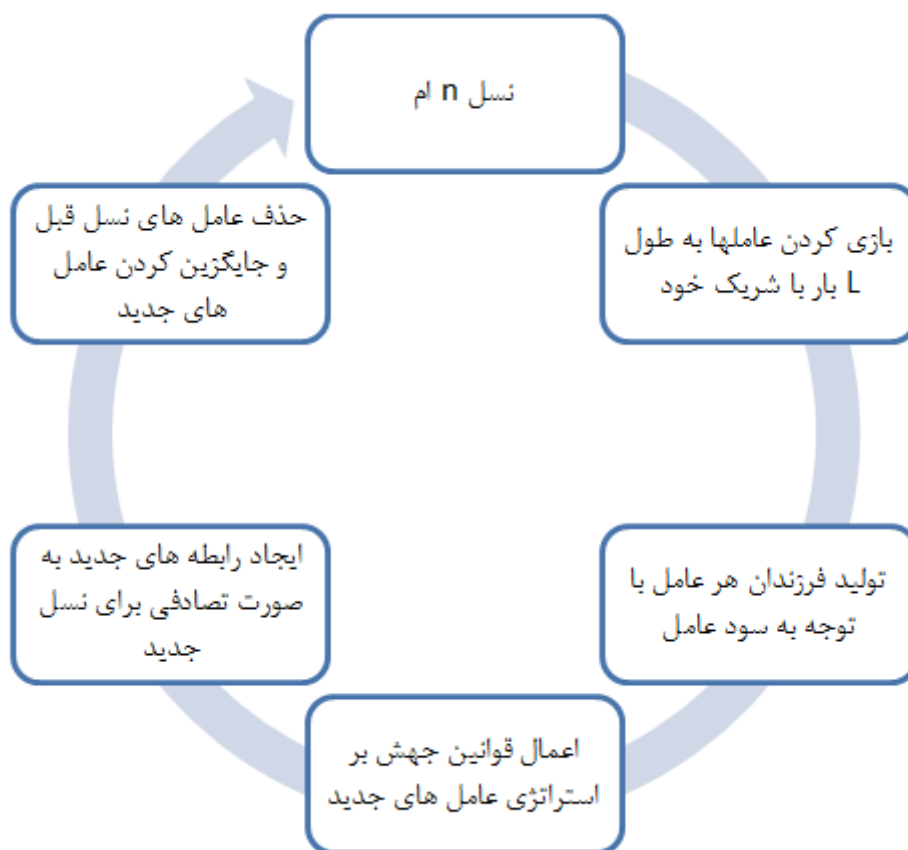
مدل مورد نظر باید شامل عامل‌ها و رابطه‌ها باشد. عامل‌ها در این مدل همان گونه‌هایی هستند که دارای استراتژی می‌باشند. هر رابطه نیز بین دو عامل قرار دارد. دو عاملی که در یک رابطه قرار دارند در هر دور از بازی منبعی را با یکدیگر به اشتراک خواهند گذاشت. با توجه به این دو عامل، می‌توان از گراف برای نمایش این مدل استفاده کرد. در گراف حاصل، راس‌ها نشان دهنده عامل‌ها می‌باشند و هر یال نشان دهنده دو عامل که در یک رابطه قرار دارند.

برای حذف کردن تاثیر عامل تعداد روابط در سود هر شخص، تعداد یال‌های هر عامل در گراف را مساوی و برابر عدد  $d$  قرار خواهیم داد. استراتژی هر عامل در بازی همانند مدل پروفیسور نواک شامل دو عدد  $p$  و  $q$  در بازه  $0$  تا  $1$  می‌باشد. عدد  $p$  نشان دهنده نسبت پیشنهاد داده شده به کل پول است و عدد  $q$  نشان دهنده حداقل نسبت سهمی است که در صورت پیشنهاد دادن آن مقدار سهم، پیشنهاد توسط عامل پذیرفته خواهد شد.

همچنین در مدل عامل  $L$  قرار داده شده که برابر با تعداد تعامل‌های هر عامل در یک نسل می‌باشد. به عبارت دیگر هر عامل در بازی به تعداد  $L$  با افرادی که با آنها در ارتباط است بازی پیشنهاد آخر را انجام می‌دهد. همچنین تعداد عامل‌ها در هر نسل با یکدیگر برابر و مساوی متغیر  $n$  است.

### ۳.۲.۵ ساختار کلی و پویایی مدل

با توجه به اجزای مدل و نیازمندی‌های آن، سناریو شبیه سازی، شامل چرخه ای به صورت زیر می‌باشد.



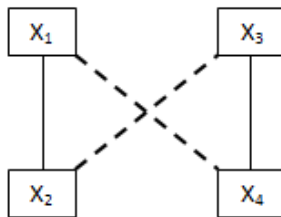
شکل ۱.۵ چرخه اصلی مدل تکاملی ارائه شده

مرحله ۱: ابتدا به عنوان نسل اولیه عامل‌ها، عامل‌هایی با استراتژی‌های تصادفی به صورت  $p$  و  $q$  تصادفی یکنواخت در بازه  $[0,0.5]$  ایجاد شده است. هر عامل به صورت تصادفی با  $r$  عامل دیگر شرک قرار داده شده است.

مرحله ۲: عامل‌ها در  $L$  دست با یکدیگر بازی می‌کنند.  $L$  طول بازی را مشخص می‌کند که یکی از متغیرهای مدل می‌باشد. انتظار می‌رود با اضافه کردن  $L$ ، تاثیر رفتار واکنش به عدم برابری بیشتر شود. در هر دست هر عامل با  $r$  عامل شریک خود بازی پیشنهاد آخر دو طرفه را انجام می‌دهد. همانند روش

بازی پیشنهاد آخر، پیشنهادهای داده شده در صورت بیشتر بودن از حداقل سهمی که پاسخ‌دهنده قبول خواهد کرد، پذیرفته می‌شود.

برای ایجاد سازوکاری برای اعمال پاسخ به نابرابری و تعویض شریک، در انتهای هر دور، به عاملی که پیشنهاد خود را رد کرده باشد،  $t$  بار یک رابطه پیشنهاد داده می‌شود. در صورتی که یکی از اعضای رابطه پیشنهاد شده، عامل مورد نظر را جفت بهتری برای خود دید (عامل مورد نظر مقدار بیشتری را نسبت به جفت حال حاضر او به اشتراک بگذارد) و همچنین  $q$  عامل مورد نظر کمتر از  $p$  عضو بود، رابطه پیشنهاد شده و رابطه خود عامل شکسته شده و دو رابطه جدید تشکیل می‌شود که در آن عامل و عضو بهتر پیدا شده در یک رابطه و جفت‌های رابطه‌های قبلی، رابطه دیگر را تشکیل خواهند داد.  $t$  نیز یک متغیر در این رابطه می‌باشد. در صورتی که  $t$  زیاد باشد، پیدا کردن جفت جدید برای عامل سریع‌تر خواهد بود و لذا هزینه پیدا کردن جفت کمتر خواهد شد. بعد از اینکه برای تمام عامل‌ها فرصت پیدا کردن شریک جدید داده شد، دور بعدی بازی شروع می‌شود.



شکل ۲.۵ تغییر شریک در مدل به منظور سود بیشتر<sup>۱</sup>

مرحله ۳: بعد از پایان مرحله ۲، نسبت سود هر عامل به کل سود عامل‌ها محاسبه شده و به همان نسبت هر عامل در نسل بعد فرزند خواهد داشت. فرزند هر عامل، استراتژی عامل را که شامل  $p$  و  $q$  عامل است به ارث خواهد برد.

<sup>۱</sup> در صورتی که در رابطه‌ای، هر کدام از طرفین پیشنهاد داده شده را نپذیرند، در رابطه‌های دیگر به دنبال جفت جدید خواهند گشت. در صورتی که در رابطه‌ای عاملی را پیدا کنند که به او پیشنهاد منصفانه‌تری بدهد و همچنین وی جفت بهتری برای فرد پیدا شده باشد، رابطه‌های قبلی شکسته و رابطه‌های جدید ساخته می‌شود.



مرحله ۴: هر فرزند در نسل جدید به احتمال کمی  $p$  و  $q$  خود را مقدار کمی تغییر خواهد داد.<sup>۱</sup> این تغییر ممکن است به سمت بیشتر شدن یا کمتر شدن باشد.

مرحله ۵: برای نسل جدید رابطه‌هایی به صورت تصادفی قرار داده خواهد شد. توجه کنید که این رابطه‌ها در ابتدا به صورت تصادفی خواهد بود ولی در ادامه ممکن است در راستای بهتر شدن تغییر پیدا کنند.

مرحله ۶: تمام اطلاعات مربوط به نسل قبل پاک شده و نسل جدید به جای نسل قبل قرار خواهند گرفت تا دوباره وارد زنجیره شوند. دقت کنید که مرحله اول فقط در نسل اول اعمال خواهد شد و در نسل‌های بعدی از مرحله ۶ مستقیم به مرحله ۲ خواهیم رفت.

### ۴.۲.۵ نیازمندی‌های پاسخ داده شده در مدل

در این مدل، این فرضیه که پاسخ به نابرابری، سازوکاری برای تغییر شریک در یک رابطه و در نتیجه افزایش سود در کنش‌های بعدی است، تحلیل شده است. پاسخ به نابرابری با رد پیشنهاد داده شده و تلاش برای پیدا کردن شریک جدید در مدل گنجانده شده است. همچنین هزینه تغییر شریک برابر هزینه مدت زمان لازم برای پیدا کردن شریک جدید برای رابطه اعمال شده است. همچنین بوسیله متغیر طول مرحله دو می‌توان تاثیر عامل طول یک رابطه در گسترش تکاملی پاسخ به نابرابری را سنجید.

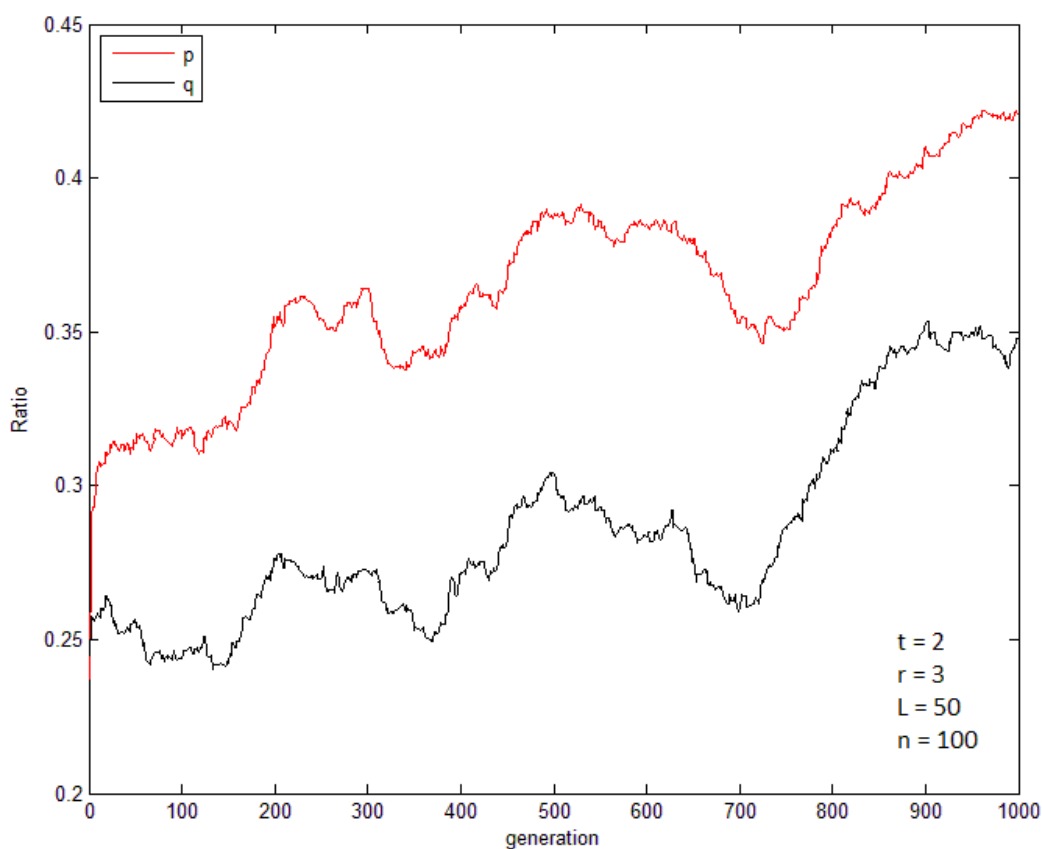
بعد از شبیه سازی چرخه مدل در تعداد نسل زیاد، با مقایسه تغییر میانگین  $p$  و  $q$  در نسل‌ها، می‌توان دریافت که آیا سازوکار تغییر شریک و پاسخ به نابرابری منجر به افزایش میانگین  $p$  و  $q$ ، و در نتیجه افزایش میزان همکاری خواهد شد یا خیر.

---

<sup>۱</sup> به احتمال ۱ درصد استراتژی فرزندی تغییر خواهد کرد. این تغییر به احتمال ۵۰ درصد به سمت کم شدن یا زیاد شدن خواهد بود. این تغییر در نمونه‌های ذکر شده در این پایان‌نامه به اندازه ۰,۰۱ خواهد بود.

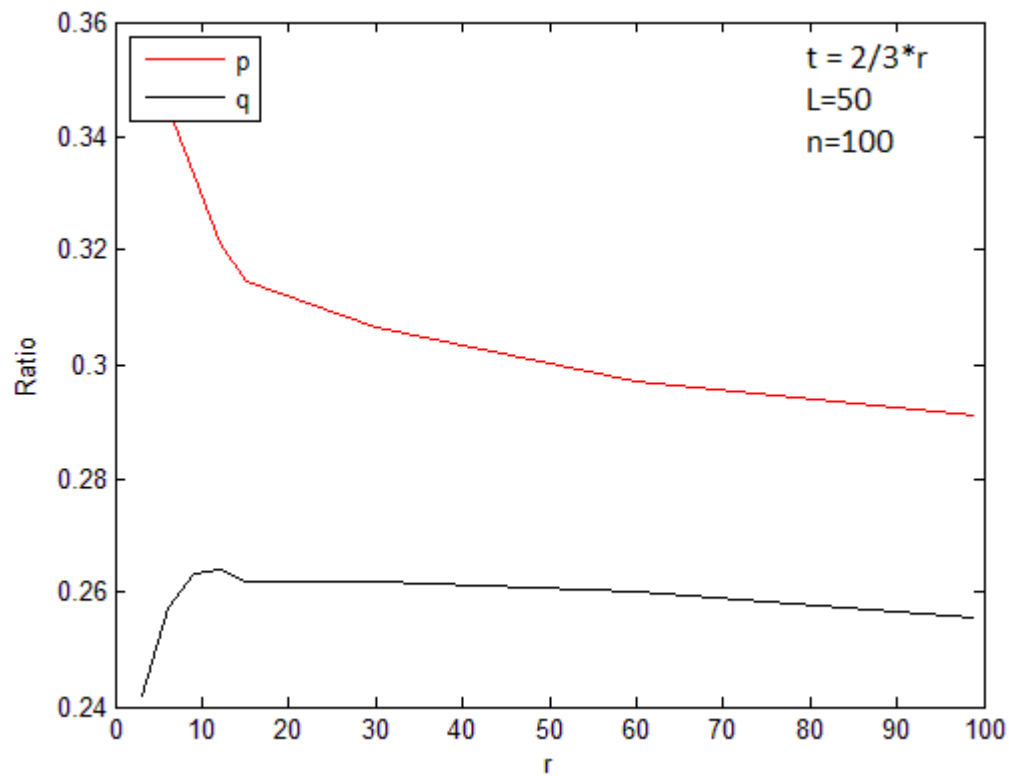
## ۳.۵ نتایج شبیه سازی

نمودار شکل ۳.۵ نشان دهنده تغییرات میانگین  $p$  و  $q$  عامل‌ها در طول ۱۰۰۰ نسل می‌باشد. خط بالایی تغییرات  $p$  یا همان نسبت پیشنهاد داده شده در بازی پیشنهاد آخر و خط پایینی تغییرات  $q$  یا همان نسبت درخواستی برای پذیرفتن پیشنهاد در بازی پیشنهاد آخر می‌باشد.



شکل ۳.۵ نمودار تغییرات استراتژی عامل‌ها بر نسل

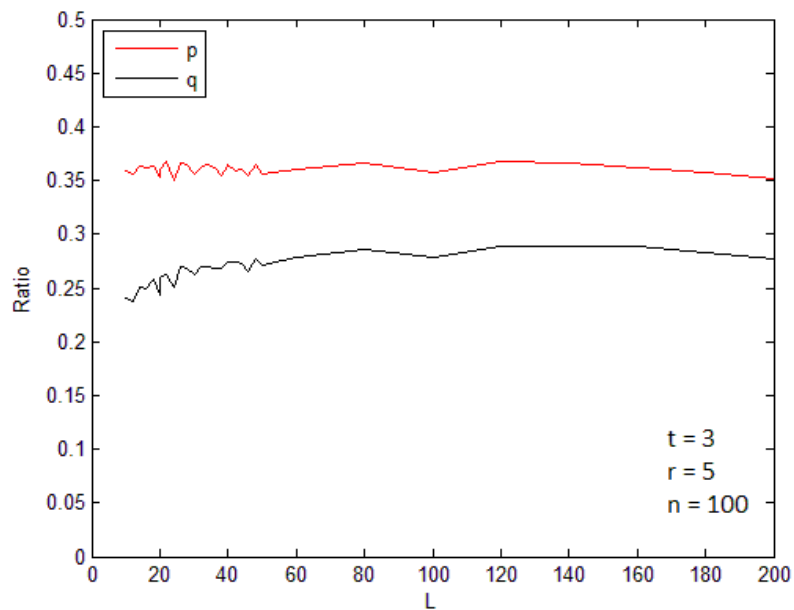
نمودار شکل ۴.۵ میانگین  $p$  و  $q$  عامل‌ها بعد از ۱۰۰۰ نسل نسبت به تغییر تعداد شریک‌ها ( $r$ ) نشان داده است. خط بالا نشان دهنده  $p$  و خط پایین نشان دهنده  $q$  می‌باشد.



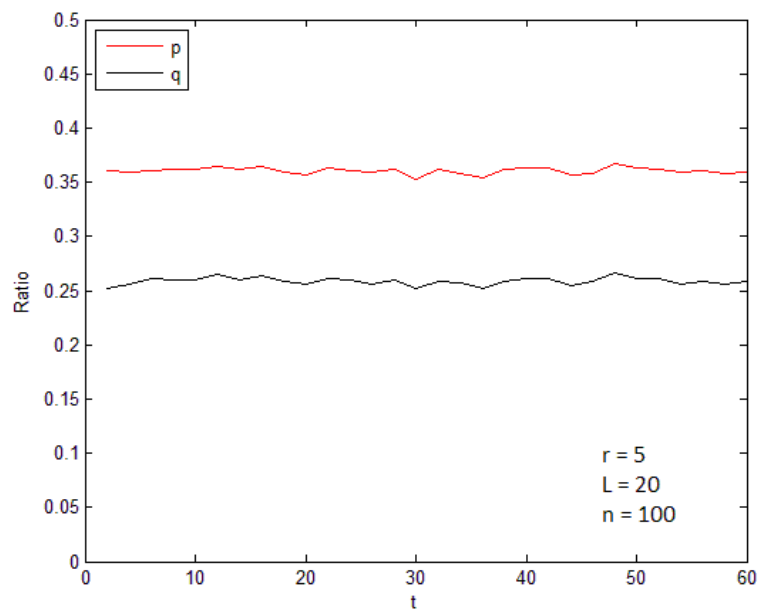
شکل ۴.۵ نمودار میانگین  $p$  و  $q$  در نسل پایانی نسبت به تغییرات تعداد شریک<sup>۱</sup>

نمودارهای شکل ۵.۵ و ۶.۵ نیز نمودار میانگین  $p$  و  $q$  بعد از ۱۰۰۰ نسل به ترتیب نسبت به  $L$  و  $t$  می‌باشد. مقادیر دیگر متغیرها در شبیه سازی در شکل آمده است.

<sup>۱</sup> اعداد داده شده میانگین ۵۰ شبیه سازی انجام شده می‌باشد.



شکل ۵.۵ نمودار میانگین  $p$  و  $q$  در نسل پایانی نسبت به تغییرات طول هر نسل



شکل ۵.۶ نمودار میانگین  $p$  و  $q$  در نسل پایانی نسبت به تغییرات  $t$

## ۴.۵ نتیجه‌گیری و بررسی نتایج

انسان و بعضی از موجودات دیگر، تصمیماتی می‌گیرند که ناسازگاری با نابرابری در آنها را نشان می‌دهد. فرضیه ارائه شده برای توجیه این رفتار این است که فهم عدم برابری به موجود کمک کرده تا شریک دیگری که باعث افزایش سود او در طولانی مدت می‌شود، پیدا کند. همچنین تقسیم منابع به صورت برابر برای پیشنهاد دهنده باعث افزایش شهرت او و در نتیجه افزایش شانس او برای پیدا کردن شریک بهتر می‌شود که این امر نیز باعث افزایش سازگاری او در تکامل خواهد شد.

نتایج بدست آمده در این مدل با این فرضیه سازگار می‌باشد و نشان می‌دهد که چنین رفتاری در تکامل گسترش می‌یابد. افزایش  $p$  و  $q$  با گذشت نسل‌ها در شکل ۳.۵ نشان دهنده این امر می‌باشد. همچنین در این شکل مشاهده می‌شود که اختلاف  $p$  با  $q$  تقریباً مقدار ثابتی می‌باشد. این تفاوت، با توجه به مدل پروفیسور نواک قابل توجیه است. در مدل پروفیسور نواک به دلیل وجود استراتژی  $G2$  در تعادل بوجود آمده، انتظار می‌رود که میانگین  $p$  بیشتر از میانگین  $q$  در یک نسل باشد.

شکل ۴.۵ نشان می‌دهد که بیشتر شدن تعداد شریک‌های هر عامل، میزان افزایش  $p$  و  $q$  و در نتیجه افزایش رفتار همکاری را کاهش می‌دهد. این رفتار مدل از این بعد قابل توجیه است که با افزایش تعداد شریک‌ها، سود نسبی در تغییر یک شریک کمتر خواهد شد، به همین دلیل روند افزایش  $p$  و  $q$  با کندی بیشتری پیش خواهد رفت.

شکل ۵.۵ و ۶.۵ هیچ تغییری برای روند تغییر  $p$  و  $q$  نسبت به تغییر  $t$  و  $L$  نشان نمی‌دهند که این برخلاف انتظارات از مدت بود. با افزایش  $t$  هزینه پیدا کردن جفت جدید کاهش پیدا خواهد کرد. بنابراین انتظار می‌رود با افزایش  $t$  روند تکامل رفتار همکاری سریع‌تر، و در نتیجه  $p$  و  $q$  بیشتر شود. به همین صورت برای  $L$  انتظار می‌رود که در صورت افزایش  $L$  سود یک عامل از تشکیل یک رابطه بلند مدت بیشتر شود. با این حال تغییر محسوسی در شکل ۶.۵ دیده نمی‌شود. این عدم تغییر به این دلیل است که با افزایش  $L$ ، نسبت سود کل به اختلاف سود افراد زیاد می‌شود. بنابراین احتمال منقرض شدن یک نسل کاهش خواهد یافت. لذا به دلیل این کاهش، استراتژی‌های سازگار با سرعت کمتری گسترش پیدا خواهند کرد. با این حال انتظار می‌رود با افزایش تعداد نسل‌ها به تعدادی بسیار بیشتر از ۱۰۰۰ بتوان تغییراتی را پیدا کرد.

## ۵.۵ محدودیت‌ها و کارهای بعدی

از محدودیت‌های بزرگ در این پایان‌نامه، پیچیدگی محاسباتی بالای مدل می‌باشد که شبیه سازی را با پیچیدگی زمانی بالا مواجه خواهد کرد. لذا با افزایش سرعت محاسباتی می‌توان سناریوهای متفاوتی را شبیه سازی کرده و با تغییر متغیرها، یافته‌های دیگری نیز از مدل برداشت کرد.

محدودیت دیگر مدل، وابستگی مدل به اعداد تصادفی می‌باشد. این وابستگی را می‌توان با استفاده از نظریه‌هایی را بر روی گراف‌های پویا<sup>۱</sup> مطرح می‌شود برطرف کرد. استفاده از گراف‌های پویا و الگوریتم‌های گراف پویا، نیاز به شبیه سازی و اعداد تصادفی را از بین برده و به جای رویکرد شبیه سازی از رویکرد اثبات معادلات بر روی گراف مورد نظر، استفاده خواهد کرد. لذا در کارهای بعدی می‌توان از گراف‌های پویا استفاده کرد.

پیشنهاد دیگر برای کارهای بعدی استفاده از اضافه کردن اطلاعات (همانند مدل پروفیسور نواک) و تحلیل سناریو بوجود آمده است. انتظار می‌رود با اضافه کردن اطلاعات در مدل، سرعت افزایش  $p$  و  $q$  افزایش یابد. با توجه به اینکه ناسازگاری با نابرابری در انسان بیشتر از دیگر پستانداران نخستین پایه است، این پیش‌بینی با طبیعت نیز سازگار می‌باشد.

---

<sup>۱</sup> Dynamic Graph

## منابع و مراجع

- [١] Nowak, M.A., *Evolving cooperation*. J Theor Biol, 2012. **299**: p. 1-8.
- [٢] Brosnan, S.F., *A Hypothesis of the Co-evolution of Cooperation and Responses to Inequity*. Front Neurosci, 2011. **5**: p. 43.
- [٣] Cronin, K.A., A.V. Kurian, and C.T. Snowdon, *Cooperative problem solving in a cooperatively breeding primate (Saguinus oedipus)*. Anim Behav, 2005. **69**(1): p. 133-142.
- [٤] Güth, W., R. Schmittberger, and B. Schwarze, *An experimental analysis of ultimatum bargaining*. Journal of Economic Behavior & Organization, 1982. **3**(4): p. 367-388.
- [٥] Camerer, C.F., *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*. 2003: Princeton, NJ: Russell Sage Foundation, Princeton University Press.
- [٦] Smith, J.M. and G.R. Price, *The Logic of Animal Conflict*. Nature, 1973. **246**(5427): p. 15-18.
- [٧] Fehr, E. and U. Fischbacher, *The nature of human altruism*. Nature, 2003. **425**(6960): p. 785-91.
- [٨] Oosterbeek, H., R. Sloof, and G. van de Kuilen, *Cultural Differences in Ultimatum Game Experiments: Evidence from a Meta-Analysis*. Experimental Economics, 2004. **7**(2): p. 171-188.
- [٩] Bearden, J.N. (2001) *Ultimatum Bargaining Experiments: The State of the Art*. Available at: <http://ssrn.com/abstract=626183> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.626183>.
- [١٠] Easley, D. and J. Kleinberg, *Evolutionary Game Theory*, in *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*. 2010, Cambridge University Press.
- [١١] Samuelson, L., *Evolution and game theory*. JEP, 2002. **16**(2): p. 46-66.
- [١٢] Weibull, J.W., *Evolutionary Game Theory*. 1997: The MIT Press.

- [١٣] Alonzo, S.H. and B. Sinervo, *Mate Choice Games, Context-Dependent Good Genes, and Genetic Cycles in the Side-Blotched Lizard, Uta stansburiana*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 2000. **49**(2): p. 176-186.
- [١٤] Perc, M. and A. Szolnoki, *Coevolutionary games--a mini review*. Biosystems, 2010. **99**(2): p. 109-25.
- [١٥] Trivers, R.L., *The Evolution of Reciprocal Altruism*. The Quarterly Review of Biology, 1971. **46**(1): p. 35-57.
- [١٦] Nowak, M.A. and K. Sigmund, *Evolution of indirect reciprocity by image scoring*. Nature, 1998. **393**(6685): p. 573-7.
- [١٧] Hamilton, W.D., *The genetical evolution of social behaviour. I*. J Theor Biol, 1964. **7**(1): p. 1-16.
- [١٨] Hamilton, W.D., *The genetical evolution of social behaviour. II*. J Theor Biol, 1964. **7**(1): p. 17-52.
- [١٩] Darwin, C., *The Descent of Man , and Selection in Relation to Sex*. 1871.
- [٢٠] Nowak, M.A. and R.M. May, *Evolutionary games and spatial chaos*. Nature, 1992. **359**(6398): p. 826-829.
- [٢١] Yamagishi, T., et al., *The private rejection of unfair offers and emotional commitment*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2009. **106**(28): p. 11520-3.
- [٢٢] Nowak, M.A. and K. Sigmund, *Evolution of indirect reciprocity*. Nature, 2005. **437**(7063): p. 1291-8.



## پیوست ۱

در بازی پیشنهاد آخر دو بازیکن باید منبعی به میزان  $\pi$  را تقسیم کنند. بازیکن اول که پیشنهاددهنده نامیده می‌شود، پیشنهادی را ارائه می‌دهد که در آن خودش میزان  $d_1 = \pi - x$  و بازیکن دوم یا تصمیم‌گیرنده میزان  $d_2 = x$  را دریافت می‌کند. در جدول پ.۱ خلاصه ای از نتایج به دست آمده در مطالعات مختلف دیده می‌شود. میانگین پیشنهادهای ارائه‌شده توسط پیشنهاد دهنده ( $d_1/\pi$ ) در ستون دوم آمده است. ستون دور، نشان‌دهنده تعداد دورهای انجام بازی است.

جدول پ.۱

مطالعه	میانگین ( $d_1/\pi$ )	دور
Forsythe et al. (1988)	۰,۵۴	۱
Güth & Tietz (1986)	۰,۶۵	۱
Güth et al. (1982)	۰,۶۷	۱
Güth & Tietz (1987)	۰,۷۲	۲
Binmore et al. (1985)	۰,۶۲	۲
Harrison & McCabe (1990)	۰,۷۲	۲
Neelin et al. (1988)	۰,۷۳	۲
Bolton (1991)	۰,۴۷	۲
Ochs & Roth (1989)	۰,۵۹	۲
Harrison & McCabe	۰,۵۰	۲

---

(1990)		
Ochs & Roth (1989)	۰,۵۳	۲
Spiegel et al. (1994)	۰,۴۹	۲
Bolton (1991)	۰,۳۸	۲
Bolton (1991)	۰,۴۶	۲
Spiegel et al. (1994)	۰,۴۶	۲
Spiegel et al. (1994)	۰,۴۸	۲
Güth & Tietz (1987)	۰,۵۶	۲

---

## پیوست ۲

در بخش ۲.۶.۲ به تفصیل در مورد بازی شاهین کبوتر توضیح داده شد. مسئله باقی مانده در مورد جدول فرم نرمال بازی این بازی، بحث به دست آوردن نقطه تعادل است که در این پیوست به آن خواهیم پرداخت. جدول فرم نرمال این بازی به صورت زیر رسم می‌شود.

جدول ۲.۰ پ		
شاهین	کبوتر	
۳، ۱	۲، ۲	کبوتر
۰، ۰	۱، ۳	شاهین

برای به دست آوردن سود کلی یک استراتژی در بازی، سود آن استراتژی در هر حالت را در احتمال وجود آن استراتژی در طبیعت که همان فراوانی نسبی آن استراتژی است، ضرب کرده و سپس تمام این اعداد را جمع کرده تا امید ریاضی سود برای استراتژی مورد نظر را بدست آوریم. نقطه تعادل حالتی است که با توجه به نسبت جمعیتی سود همه استراتژی‌ها با یکدیگر برابر باشد. ب. به عنوان مثال، اگر احتمال کبوتر بودن را در جدول بالا  $\alpha$  و احتمال شاهین بودن را  $1-\alpha$  در نظر بگیریم، نقطه تعادل به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\left\{ \begin{array}{l} 2\alpha + (1-\alpha) = K \\ 3\alpha + 0 = K \end{array} \right. \longrightarrow \boxed{\alpha = 1/2}$$

در معادلات بالا،  $K$  میزان سود هر بازیکن است. با توجه به این معادلات درمیابیم که تعادل این بازی در فراوانی جمعیتی  $(1/2, 1/2)$  به وجود می‌آید.

حال به منظور تعمیم جدول نرمال بازی از جدول  $n \times n$  استفاده می‌کنیم. به عنوان مثال می‌توانیم جدولی مانند زیر در نظر بگیریم:

جدول پ.۳

	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	...	$\alpha_n$
$\alpha_1$	$\omega_{11}$	$\omega_{12}$	$\omega_{13}$	...	$\omega_{1n}$
$\alpha_2$	$\omega_{21}$	$\omega_{22}$	$\omega_{23}$	...	$\omega_{2n}$
$\alpha_3$	$\omega_{31}$	$\omega_{32}$	$\omega_{33}$	...	$\omega_{3n}$
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
$\alpha_n$	$\omega_{n1}$	$\omega_{n2}$	$\omega_{n3}$	...	$\omega_{nn}$

$\alpha_i$  ها نشانگر فراوانی هر کدام از استراتژی‌ها در طبیعت برای  $n$  استراتژی بازی می‌باشد. همچنین  $\omega_{ij}$  ها سود استراتژی  $i$  در هنگامی که استراتژی بازیکن دیگر  $j$  باشد، است. از آنجا که جمع فراوانی نسبی استراتژی‌های مختلف برابر ۱ است، داریم:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

اگر سود کلی بازیکن  $i$  را  $S_i$  در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j \times \omega_{ij}$$

همانطور که قبلاً اشاره کردیم، برای داشتن نقطه تعادل در جدول فرم نرمال بازی، باید تمام بازیکن‌ها سود کلی برابری داشته باشند. بنابراین داریم:

$$S_1 = S_2 = \dots = S_n = K$$

با استفاده از معادلات بالا، یک دستگاه  $n$  معادله  $n$  مجهول داریم و با حل آن می‌توانیم نقطه تعادل را به دست آوریم. معادله‌های ما تساوی‌های بالا بوده و مجهول‌های ما  $K$  و  $\alpha_1 \dots \alpha_{n-1}$  خواهند بود. واضح است که اگر این دستگاه معادلات دارای جواب نباشد، بازی دارای نقطه تعادل نخواهد بود.

## پیوست ۳

در بخش ۴.۶.۲ به مارمولک‌های پهلوالدار بیابان‌های ایالت یوتا اشاره کوچکی کردیم. این مارمولک‌ها دارای سه گونه<sup>۱</sup> می‌باشند که هر گونه استراتژی جفت‌گیری متفاوتی دارد:

۱. "گلو نارنجی" گونه بسیار سلطه‌جو است و محدوده بزرگی را تحت قلمرو خود درمی‌آورد. این موجود تلاش برای جفت‌گیری با تعداد زیادی مارمولک ماده در این قلمرو وسیع دارد.
۲. "گلو زرد" گونه ای غیروحشی است که از مشخصات ظاهری و رفتار مارمولک‌های ماده تقلید می‌کنند. آنها به آرامی وارد قلمرو گلو نارنجی‌ها شده و با مارمولک‌های ماده آن قلمرو جفت‌گیری می‌کنند. این عمل موجب بالا رفتن جمعیت این گونه می‌شود.
۳. "گلو آبی" با روش بسیار محتاطانه و تنها با یک مارمولک ماده جفت‌گیری می‌کند. این کار باعث جلوگیری جفت‌گیری گلو زردها با جفت آنها و بالا رفتن جمعیتشان می‌شود.

به هر حال، گلوآبی‌ها نمی‌توانند با گلونارنجی‌های زیادی برای مدت طولانی غلبه کنند. در کل، این گونه مانند بازی سنگ، کاغذ، قیچی رفتار می‌کند و جمعیت این مارمولک‌ها در دوره‌ای به طول ۶ سال تغییر می‌کند.

---

<sup>1</sup> Morph

## پیوست ۴

استراتژی‌های مختلفی برای تصمیم‌گیری‌ها وجود دارد. بعضی از این استراتژی‌ها را به طور نمونه در این پیوست توضیح خواهیم داد:

- **Tit-for-Tat**: عامل در بازی، با توجه به رفتار رقیب خود در دور قبل، استراتژی را تعیین می‌کند. به این مفهوم که اگر در دور قبل رقیبش کمک کرده باشد، او نیز استراتژی همکاری و کمک کردن را در پیش می‌گیرد، در غیر اینصورت عدم همکاری خواهد داشت. استراتژی دور اول بازی به صورت رندوم است. در یک حالت دیگر این استراتژی که **Generous Tit-for-Tat** نامیده می‌شود، استراتژی دور اول رندوم نبوده، بلکه استراتژی همکاری است.
- **Win-Stay-Lose-Shift**: در این نوع استراتژی، فرد تا زمانی که در دور قبل سود کرده باشد، استراتژی قبلیش را ادامه می‌دهد، اما زمانی که ضرر کند استراتژی را عوض خواهد کرد. لازم به ذکر است که سود و ضرر بر اساس تصمیم خود عامل است و تعریف مشخصی ندارد.
- **Grim-Trigger**: در چنین سازوکاری، عامل تا وقتی سود کند استراتژی همکاری را در پیش می‌گیرد اما زمانی که از عامل دیگر عدم همکاری مشاهده کند، استراتژی خود را به عدم همکاری تغییر می‌دهد.

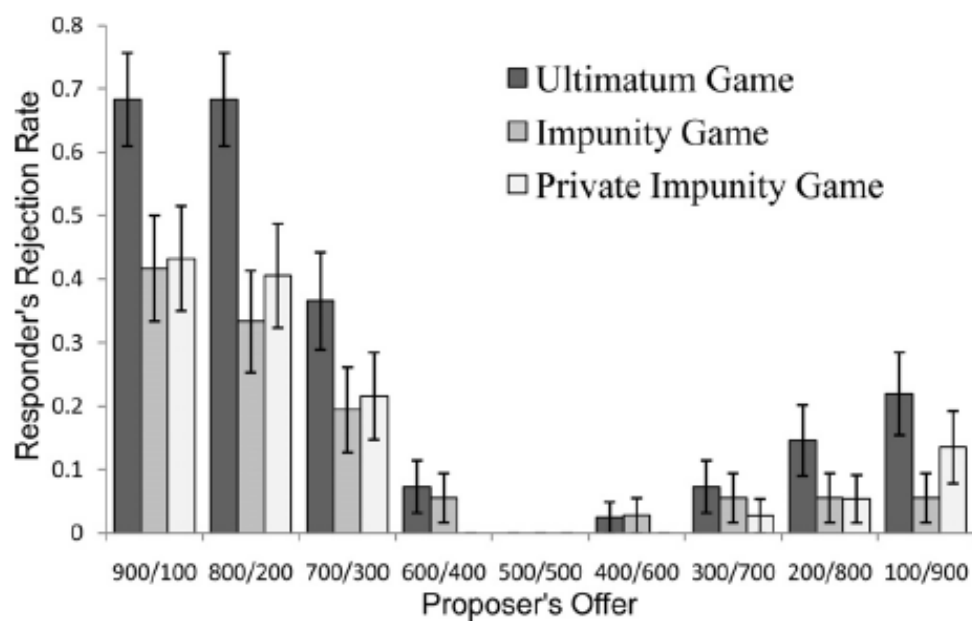
## • پیوست ۵

بازی پیشنهاد آخر و بازی بخشودگی مجازات را قبلاً معرفی کردیم. بازی "بخشودگی مجازات محرمانه" بازی جدیدی است که تا حدی شبیه به بخشودگی مجازات است؛ تنها تفاوت آن این است که بازیکن پیشنهاد دهنده متوجه نخواهد شد که فرد پاسخ‌دهنده پیشنهادش را پذیرفته است یا خیر. شکل پ.۱ نشان‌دهنده نتایج به دست آمده از آزمایش این سه بازی است. پیشنهادهای داده شده توسط پیشنهاددهنده در محور افقی آمده است. محور عمودی نیز نشان‌دهنده نرخ رد پیشنهاد توسط پاسخ‌دهنده است.

همانطور که مشاهده می‌شود، در بازی بخشودگی مجازات و بخشودگی مجازات محرمانه، میزان رد پیشنهاد توسط پاسخ‌دهنده به نسبت بازی پیشنهاد آخر پایین‌تر آمده، اما همچنان صفر نشده است. این نتیجه مغایر با این نظریه است که تنها دلیل رد پیشنهاد غیرمنصفانه در بازی پیشنهاد آخر، مجازات کردن پیشنهاد دهنده است.

همچنین با توجه به شکل، مشاهده می‌کنیم که با وجود محرمانه ماندن رد یا قبول پیشنهاد توسط پاسخ‌دهنده و مطلع نشدن فرد پیشنهاددهنده، میزان رد پیشنهاد در بازی بخشودگی مجازات محرمانه بیشتر از بخشودگی مجازات است. این مسئله را می‌توان به این صورت توجیه کرد که پاسخ‌دهنده به این علت که حق نشان دادن نارضایتی از غیرمنصفانه بودن پیشنهاد ارائه شده را ندارد، از روی عصبانیت و به صورت غیرمنطقی تعدادی از پیشنهادها را رد کرده است.





شکل پ. ۱

# Abstract

Although at first sight into Darwinian evolution theory, it seems that cooperation is in contrast with Natural Selection, empirical data and experiments confirm the existence of such behavior in a variety of animals. Why should an individual help another, while he is in competition for survival with whom? Yet, this behavior can be seen among bacteria, viruses, trees, animals and human.

In the recent years, for investigating this behavior, useful means have been utilized by scientists. Meanwhile, Game Theory and Evolutionary Game Theory models have been really useful. Social games are simplified models of human social behavior that are employed by scientists. Different mechanisms based on these Social games and Game Theory have been proposed for Evolution of Cooperation.

On the other hand, recent evidence demonstrates that humans are not the only species to respond negatively to inequity. Several species have shown to respond negatively if they receive a less good reward than another partner for completing the same task. While these experiments show that this behavior is not limited to the human kingdom, they do not provide a functional explanation for the emergence of this behavior. However, emerging data support the hypothesis that an aversion to inequity is a mechanism to promote successful long-term cooperative relationships. In this thesis, a computational model, based on Game Theory, is proposed for analyzing the evolution of cooperation and response to inequity.

**Key Words:** Cooperation, Altruism, Inequity aversion, Game Theory, Evolution of Behavior.



Sharif University of Technology  
Department of Computer Engineering

B.Sc Thesis

Information Technology Engineering

# **An Evolutionary Model for the Coevolution of Cooperation and Response to Inequity**

**By:**

**Ebrahim Barzegary Banadkooki**

**Supervisor:**

**Dr. J. Habibi**

**July 2013**