

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

## مطالعه انرژی های جدائی دو نوترون در ناحیه گذار فازی بین شکل های تخت و دوکی شکل

صبری، هادی\* - جبارزاده، امید - قلعه اسدی، آیدین - جلیلی مجارشین، امیر - فولادی، ناصر

دانشگاه تبریز، دانشکده فیزیک، گروه هسته ای

### چکیده:

در این مطالعه، تغییرات انرژی جدائی دو نوترون برای زنجیره ایزوتوپی  $^{176}\text{Pt}$  و  $^{174}\text{Hg}$  در ناحیه گذار فازی بین شکل های تخت و دوکی شکل بررسی شده است. نتایج حاصل از مطالعات نظری با استفاده از مدل بوزون اندرکنشی، توافق قابل قبولی را در مقایسه با مقادیر تجربی متناظر نمایش می دهد. تغییرات انرژی جدائی دو نوترون وجود گذار فازی در این زنجیره های ایزوتوپی را تأیید می نماید. همچنین تغییرات انرژی جدائی دو نوترون بر حسب میزان تغییر شکل های دو قطبی بررسی شده است و افزایش دقت محاسبات برای هسته های دوکی شکل را نشان می دهد.

**کلمات کلیدی:** انرژی جدائی دو نوترون، مدل اندرکنش بوزونی، گذار هسته ای، هسته تخت<sup>۱</sup>، هسته دوکی شکل<sup>۲</sup>

### مقدمه :

پدیده گذار فازی - شکلی کوانتومی<sup>۳</sup> در سیستم های هسته ای بر اساس تغییر تعداد پروتونها (یا نوترونها)، به عنوان پارامترهای کنترلی در زنجیره های ایزوتوپی (ویا ایزوتونی) مطالعه شده است. همچنین تغییرات ساختاری سیستم های هسته ای در این شرایط با بررسی پارامترهای مختلف ارزیابی گردیده است. [۱-۲]. بررسی پدیده روی هم افتادن ترازها<sup>۴</sup>، تغییرات در احتمال گذارهای الکترومغناطیسی، تغییر رفتار منظم یا غیر منظم هسته ها در حدود تقارنی و ناحیه گذار و غیره، از جمله این مطالعات می باشند که با ایجاد ارتباط بین ساختار هسته در حال گذار و مشاهده پذیرهای مختلف امکان پیش بینی وقوع گذار فازی شکلی و مرتبه این گذار را ممکن می سازد [۲-۳].

انرژی جدائی دو نوترون  $S_{2n}$ ، به دلیل امکان اندازه گیری دقیق، اطلاعات تجربی قابل اعتمادی را برای مطالعه ساختار سیستم ها فراهم می آورد. همچنین به دلیل ارتباط این کمیت با ویژگی های حالت پایه سیستم های هسته ای، توانایی مدل پیشنهادی در توصیف ویژه حالات سیستم سنجیده و البته جزو پارامترهای مهم در بررسی پدیده گذار فازی شکلی محسوب می گردد [۴].

<sup>۱</sup> Oblate nucleus  
<sup>۲</sup> Prolate nucleus  
<sup>۳</sup> Quantum shape phase transition  
<sup>۴</sup> Level crossing

۱۶ و ۵ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

ما در این بررسی، از مفاهیم مدل بوزون اندرکنشی [۴-۶]، یعنی عملگرها و ویژه حالات معرفی شده در این مدل سود جسته و تغییرات انرژی جدائی دو نوترون را در ناحیه گذار فازی شکلی بین هسته های تغییر شکل یافته تخت و دوکی شکل بررسی نموده ایم. با استفاده از اطلاعات تجربی قابل دسترس برای زنجیره های ایزوتوپی هسته های  $Pt$  و  $Hg$ ، مقادیر ثابت های مربوط به محاسبات مدل بوزون اندرکنشی تعیین و تغییرات انرژی جدائی دو نوترون هم به صورت تجربی و هم تئوری بررسی می گردد. همچنین وابستگی تغییرات این کمیت بر اساس میزان تغییر شکل نیز ارزیابی خواهد شد.

## مدل بوزون اندرکنشی

پدیده گذار فازی - شکلی سیستم های هسته ای در قالب مدل های مختلف مطالعه شده است. در این بین مدل بوزون اندرکنشی به دلیل استفاده از مفاهیم تقارنی برای توصیف شکل های مختلف هسته های شناخته شده و لذا توصیف ناحیه گذار بر پایه ترکیب تقارن های متفاوت پر کاربردتر می باشد. در این مدل، هسته های زوج - زوج به صورت سیستمی متشکل از بوزون ها در نظر گرفته میشود که این بوزون ها از ترکیب پروتون ها و نوترون های فعال، بیرون لایه بسته، حاصل می شوند. بوزون های حاصل از این ترکیب صرفا امکان اشغال دو حالت  $J=0$  (بوزون  $S$ ) و حالت  $J=2$  (بوزون  $d$ ) را دارند. با در نظر گرفتن یک حالت بوزونی  $S$  و پنج حالت بوزونی  $d$ ، جبر  $6$  بعدی  $U(6)$  به عنوان جبر اصلی این مدل شناخته می شود که، مطابق با شکل ۱، دارای سه زنجیره  $U(5)$ ،  $SO(6)$  و  $SU(3)$  می باشد که به ترتیب برای مطالعه هسته های کروی، تغییر شکل یافته محوری و تغییر شکل یافته دورانی مورد استفاده قرار می گیرد [۵-۶].



شکل ۱. حدود تقارنی مدل بوزون اندرکنشی.

نواحی گذار فازی - شکلی بین این حدود با استفاده از هامیلتونین های ترکیبی به صورت  $H_{Transitional} = \eta H_I + (1-\eta)H_{II}$  توصیف می شوند که در آن  $H_I$  (  $H_{II}$  ) هامیلتونین توصیف کننده یکی از حدود تقارنی و  $\eta$  معرف پارامتر کنترلی می باشد. این پارامتر به از مقادیر  $0$  یا  $1$  دو حد تقارنی متفاوت مدل بوزون اندرکنشی در ناحیه

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

گذار را توصیف می نماید. تغییر تعداد نوترون (و یا پروتون) در زنجیره های ایزوتوپی (و یا ایزوتونی) نقش همین پارامتر کنترلی برای حرکت از یک شکل به شکل دیگر را ایفا می نماید. مقدار  $\eta = 0.5$  که متناظر با نقطه میانی این ناحیه گذاری می باشد را نقطه بحرانی گذار می نامند که به ترتیب برای نواحی گذار  $U(5) \leftrightarrow SO(6)$  و  $U(5) \leftrightarrow SU(3)$  متناظر با تقارن های  $E(5)$  و  $X(5)$  می باشد.

## انرژی جدائی دو نوترون

انرژی جدائی دو نوترون، که غالباً انرژی جدائی دو نوترون در حالت پایه نیز نامیده می شود، مشاهده پذیری بسیار حساس به ساختار سیستم های هسته ای می باشد. تاثیر ویژگی های اساسی ساختار سیستم های هسته ای از جمله ساختار لایه های بسته، تعداد زوج یا فرد نوترونها (و یا پروتونها)، اسپین پارته ترازهای نوترونی (و یا پروتونی) و غیره، بر روی این پارامتر بررسی شده است [۳]. مطالعات صورت گرفته توسط زامفیر<sup>۵</sup> و همکارانش [۸] حول تغییرات انرژی جدائی دو نوترون در ناحیه های گذار فازی شکلی، وجود یک گذار فازی برای آن دسته از زنجیره های ایزوتوپی با تغییرات انرژی جدائی دو نوترون را نشان می دهد. با استفاده از مفاهیم اشاره شده در منابع [۶-۷]، انرژی بستگی در مدل بوزون اندرکنشی به صورت تابعی از تعداد بوزون های پروتونی و نوترونی به صورت

$$E_B(N_p, N_n) = E^{(c)} + A_p N_p + A_n N_n + \frac{1}{2} B_p N_p (N_p - 1) + \frac{1}{2} B_n N_n (N_n - 1) + C N_p N_n + \tilde{E}(N_p, N_n) \quad (1)$$

شود که در این رابطه  $N_p N_n$  معرف تعداد بوزون های پروتونی (و نوترونی) در لایه ظرفیت می باشد.  $E^{(c)}$  سهم ناشی از لایه های بسته و  $\tilde{E}$  سهم انرژی بستگی ناشی از تغییر شکل سیستم هسته ای می باشد. با در نظر گرفتن انرژی جدائی دو نوترون بر پایه تغییر انرژی بستگی، می توان رابطه زیر را بر پایه مفاهیم مدل بوزون اندرکنشی حاصل نمود [۷]

$$S_{2n}(N_p, N_n) = E_B(N_p, N_n) - E_B(N_p, N_n - 1) = A_n + B N_p + C N_n + [\tilde{E}(N_p, N_n) - \tilde{E}(N_p, N_n - 1)] \quad (2)$$

مطالعه ناحیه گذار فازی بین حدود تقارنی  $SU(3)$ ،  $prolate$  یا دوکی شکل و  $SU(3)$ ، یا همان تخت و  $oblate$ ، زنجیره های ایزوتوپی  $Pt$  و  $Hg$  را که به عنوان هسته های ناحیه گذار شناخته می شوند انتخاب نموده ایم. مجموعه این هسته ها به عنوان نمونه های مناسبی برای توصیف تغییر شکلها و تقارن دینامیکی  $O(6)$  شناخته می شوند [۷]. مقدار کمیات  $N_p$  (یا  $N_n$ ) به صورت نصف تعداد پروتونها (یا نوترونها) بیرون لایه بسته (و یا نصف تعداد حفره ها تا لایه پر بعدی) حاصل می گردد که البته برای هسته های یک زنجیره ایزوتوپی مقدار کمیت  $N_p$  ثابت خواهد بود. با مقایسه رابطه ۲ با مقادیر

<sup>5</sup> Zamfir et al

۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

تجربی متناظر برای هسته‌های انتخابی [۹]، مقادیر ثابت‌های رابطه ۲، یعنی  $A$ ،  $B$  و  $C$ ، برای هر زنجیره به صورت کلی (و نه برای هر هسته به صورت منفرد) تعیین می‌شود که نتایج در جدول ۱ فهرست شده است.

جدول ۱. مقادیر ثابت‌های رابطه ۲، معادله انرژی جدائی دو نوترون برای زنجیره‌های ایزوتوپی  $Hg$  و  $Pt$ .

زنجیره ایزوتوپی	$A+B$ (Mev)	$C$ (Mev)	$N_p$
$Pt$	۲۱,۵۷	-۲,۱۹	۲
$Hg$	۱۴,۵۷	-۲,۱۹	۱

با استفاده از مقادیر ثابت‌های رابطه ۲ برای زنجیره‌های ایزوتوپی انتخابی، مقدار انرژی جدائی دو نوترون به صورت نظری نیز محاسبه و در جدول ۲ فهرست شده است.

جدول ۲. انرژی‌های جدائی دو نوترون تجربی،  $\frac{S_{2n}}{Exp.}$  و نتایج تئوریک  $\frac{S_{2n}}{Theo.}$  حاصل از رابطه ۲، برای هسته‌های انتخابی.  $\beta_2$  مقدار تجربی تغییر شکل چهار قطبی مستخرج از منبع [۹] می‌باشد که برای برخی از هسته‌ها مورد مطالعه تعریف نشده است.

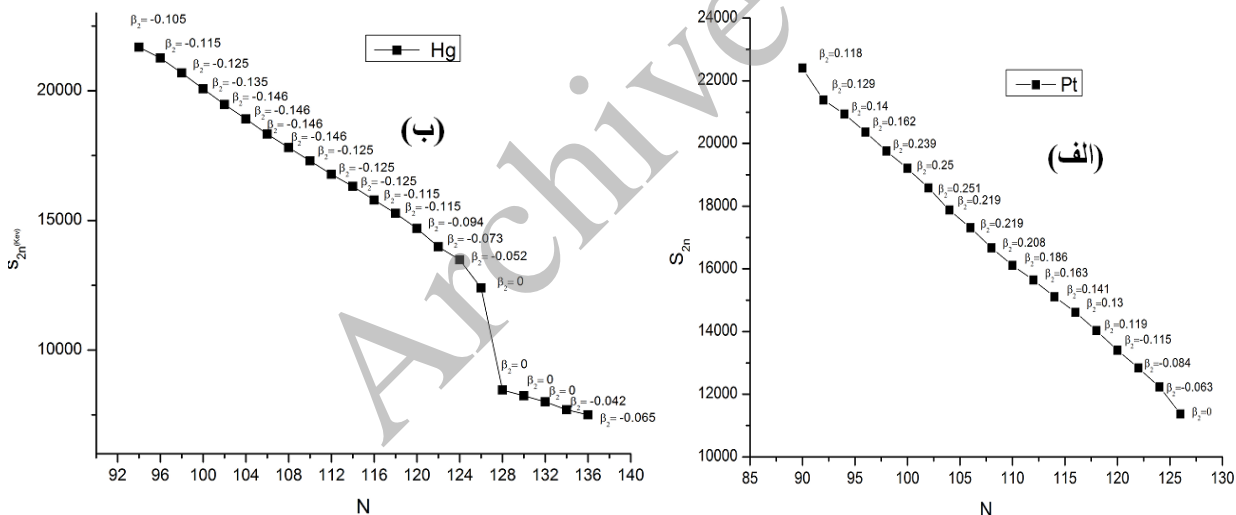
هسته	$\beta_2$	$\frac{S_{2n}}{Exp.}$ (keV)	(keV)	$\frac{S_{2n}}{Theo.}$	هسته	$\beta_2$	$\frac{S_{2n}}{Exp.}$ (keV)	(keV)	$\frac{S_{2n}}{Theo.}$
$^{176}_{78}Pt$	۰,۱۸۹	۱۹۷۵۸	۲۰۳۵۰	$^{174}_{80}Hg$	-۰,۱۰۵	۲۱۶۸۰	۲۲۵۹۰		
$^{178}_{78}Pt$	-	۱۹۲۰۶	۱۹۷۸۰	$^{176}_{80}Hg$	-۰,۱۱۵	۲۱۲۶۹	۲۲۰۵۰		
$^{180}_{78}Pt$	۰,۲۵۲	۱۸۵۸۱	۱۹۲۰۰	$^{178}_{80}Hg$	-۰,۱۲۵	۲۰۶۸۶	۲۱۵۴۰		
$^{182}_{78}Pt$	۰,۲۱۷	۱۷۸۷۵	۱۸۲۵۰	$^{180}_{80}Hg$	-۰,۱۳۵	۲۰۰۷۷	۲۰۹۸۰		
$^{184}_{78}Pt$	۰,۲۲۹	۱۷۳۱۳	۱۷۸۸۰	$^{182}_{80}Hg$	-۰,۱۴۶	۱۹۴۶۹	۲۰۱۵۰		
$^{186}_{78}Pt$	۰,۱۹۷	۱۶۶۷۰	۱۷۴۰۰	$^{184}_{80}Hg$	-۰,۱۴۶	۱۸۹۱۵	۱۹۶۷۰		
$^{188}_{78}Pt$	۰,۱۸۳	۱۶۱۰۷	۱۶۶۲۰	$^{186}_{80}Hg$	-۰,۱۴۶	۱۸۳۳۳	۱۸۹۲۰		
$^{190}_{78}Pt$	۰,۱۵۲	۱۵۶۳۹	۱۶۰۴۰	$^{188}_{80}Hg$	-۰,۱۴۶	۱۷۸۱۵	۱۸۳۶۰		
$^{192}_{78}Pt$	۰,۱۵۴	۱۵۱۱۰	۱۵۵۰۰	$^{190}_{80}Hg$	-۰,۱۲۵	۱۷۳۰۲	۱۷۸۹۰		
$^{194}_{78}Pt$	۰,۱۴۳	۱۴۶۱۳	۱۴۹۰۵	$^{192}_{80}Hg$	-۰,۱۲۵	۱۶۷۸۴	۱۷۰۲۰		
$^{196}_{78}Pt$	۰,۱۲۹	۱۴۰۲۷	۱۴۳۰۰	$^{194}_{80}Hg$	-۰,۱۲۵	۱۶۳۱۶	۱۶۷۴۰		
$^{198}_{78}Pt$	۰,۱۱۵	۱۳۴۰۱	۱۳۶۸۵	$^{196}_{80}Hg$	-۰,۱۱۵	۱۵۷۸۶	۱۶۱۰۰		
$^{200}_{78}Pt$	-	۱۲۸۳۸	۱۳۰۱۰	$^{198}_{80}Hg$	-۰,۱۱۵	۱۵۲۷۱	۱۵۷۶۰		
$^{202}_{78}Pt$	-	۱۲۲۳۰	۱۲۴۶۰	$^{200}_{80}Hg$	-۰,۰۹۴	۱۴۶۹۱	۱۵۰۰۵		
$^{204}_{78}Pt$	-	۱۱۳۷۰	۱۱۵۰۰	$^{202}_{80}Hg$	-۰,۰۷۳	۱۳۹۸۴	۱۴۴۲۵		

۱۶ و ۵ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

۱۳۸۸۰	۱۳۴۸۷	-۰,۰۵۲	$^{204}_{80}\text{Hg}$
۱۲۹۶۰	۱۲۳۹۸	.	$^{206}_{80}\text{Hg}$
۹۱۵۰	۸۴۶۰	.	$^{208}_{80}\text{Hg}$

نتایج حاصل از محاسبات نظری، که با استفاده از رابطه ۲ و جاگذاری ثابت های حاصل از برازش ارائه شده در جدول ۱ حاصل گردیده است، انطباق قابل قبولی را در مقایسه با مقادیر تجربی متناظر نمایش می دهد. این تطابق صحت فرایند برازش، توانائی مدل بوزون اندرکنشی برای پیشنهاد عملگرهای مناسب توصیف کننده انرژی های جدائی دو نوترون و همچنین توصیف ویژه حالات سیستم را نشان می دهد.

تغییرات انرژی جدائی برای هر زنجیره با استفاده از نتایج تجربی و محاسبات تئوری به ترتیب در شکل های ۲ (الف) و (ب)، به ترتیب برای زنجیره های ایزوتوپی  $Pt$  و  $Hg$  نمایش داده شده است. در این شکل ها، تغییر شکل چهار قطبی هر یک از هسته های انتخابی نیز نمایش داده شده است که این مقادیر برای بررسی وابستگی های شکلی، از منبع [۱۰] ذکر شده است که مبنای محاسباتی بر اساس هماهنگی های کروی دارد.

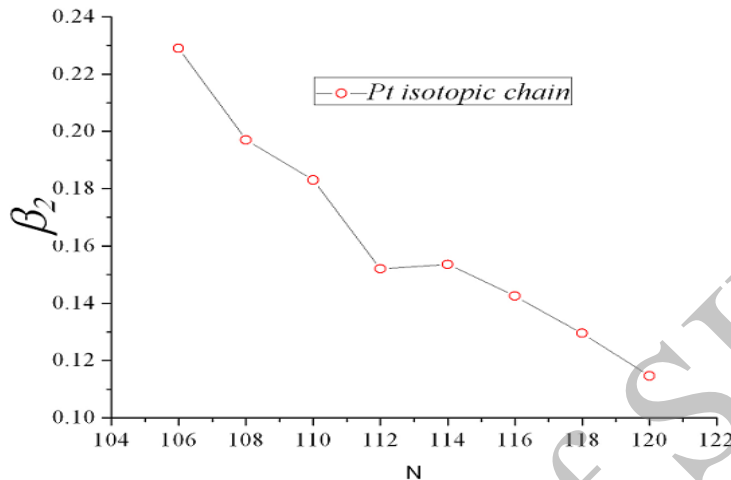


شکل ۲.  
انرژی های  
جدائی دو  
نوترون

(بر حسب  $keV$ ) برای دو زنجیره ایزوتوپی  $Hg$  و  $Pt$  مقادیر تغییر شکل های چهار قطبی از منبع ذکر [۱۰] گردیده است.

به علاوه نتایج حاصل دقت بالاتر محاسبات را برای آن دسته از هسته های دوکی شکل،  $\beta_2 > 0$ ، در مقایسه با هسته های تخت،  $\beta_2 < 0$ ، نشان می دهد. این نتیجه را می توان بر اساس بر پایه افزایش نیروی جفت شدگی در این زنجیره و کاهش مقدار عددی تغییر شکل چهار قطبی نیز بررسی نمود. بدین منظور تغییرات میزان تغییر شکل چهار قطبی هسته های زنجیره  $Pt$  بر اساس تعداد نوترون ها در شکل ۳ نمایش داده شده است.

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل ۳. تغییرات میزان تغییر شکل چهار قطبی (مقادیر تجربی از منبع [۱۰]) برای ایزوتوپ های Pt

این کاهش میزان تغییر شکل و لذا حرکت ایزوتوپ ها به سمت شکل کروی متناظر با افزایش دقت محاسبات نظری در مقایسه با نتایج تجربی موجود برای آن دسته از هسته های دوکی شکل در زنجیره ایزوتوپی Pt می باشد. غالب تر شدن شکل کروی برای هسته های یک زنجیره ایزوتوپی با تعداد پروتونهای مشابه ولذا مساوی فرض شدن سهم اندرکنش کولنی، نشانگر افزایش سهم نیروی جفت شدگی نوترونها می باشد. بررسی سهم نیروهای مختلف از جمله جفت شدگی و کولنی و ... در انرژی های جدائی دو نوترون، نقش هر یک از این نیروها و رابطه آن با ساختار هسته ها را بیشتر نمایان خواهد ساخت که ما در مطالعات آینده به آن خواهیم پرداخت.

### نتیجه گیری

تغییرات انرژی جدائی دو نوترون برای زنجیره های ایزوتوپی Pt و Hg در چارچوب مدل بوزون اندرکنشی مطالعه شده است. نتایج حاصل انطباق قابل قبولی را در مقایسه با نتایج تجربی نشان داده و توانائی مدل را تأیید می نماید. همچنین افزایش دقت محاسبات برای هسته های دوکی شکل در مقایسه با هسته های تخت و همچنین هسته های کروی در مقایسه با هسته های تغییر شکل یافته پیشنهاد می شود.

### مرجع ها

- [۱]. R. Cejnar *et al.* Rev. Mod. Phys. **82** (2010) 2155.
- [۲]. Dennis Bonatsos, D. Lenis, D. Petrellis, P.A. Terziev, Phys. Lett. B. **588** (2004) 172.
- [۳]. S. Anghel *et al.*, Romanian J of Physics; **54** (2009) 301.
- [۴]. M. Böyükata *et al.* EPJ Web of Conferences, **66** (2014) 02014.
- [۵]. J. E. Garcia-Ramos, *et al.* Eur. Phys. J. A, **26** (2005) 221.



۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

- [۶]. N. Bree *et al.* Phys. Rev. Lett. **112** (2014)162701.  
[۷]. H. Sabri. Eur. Phys. J. Plus **129** (2014) 138.  
[۸]. N.V. Zamfir, Sabina Anghel, G. Cata-Dani, AIP Conf. Proc. **1072** (2008) 118.  
[۹]. National Nuclear Data Center(Brookhaven National laboratory) chart of nuclides (<http://www.nndc.bnl.gov/chart/reColor.jsp?newColor=dm>)  
[۱۰]. P. Moller *et al.* Atomic Data and Nuclear Data Tables, **59** (1995)185.

Archive of SID



# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش  
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش  
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش  
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران