



طراحی الگوی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد بر مبنای نقشه‌های شناخت فازی و به کمک یادگیر غیرخطی هبیین

دکتر عادل آذر

(عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس)

azara@modares. ac. ir

خدیجه مصطفایی

(دانشجوی دوره دکتری تحقیق در عملیات، دانشگاه تربیت مدرس)

Khadije. mostafayi@yahoo. com

چکیده

نگاشت شناختی فازی تکنیکی نوین در علم مدیریت است که علی‌رغم توانمندی تکنیک مذکور در مدل‌سازی عناصر بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد و تحلیل روابط بین این عناصر، در پژوهش‌های گذشته سابقه‌ای مبنی بر بکارگیری نگاشت شناختی فازی در حوزه بودجه یافت نمی‌شود.

در پژوهش حاضر نقشه شناخت عملیات مرکز آمار ایران به عنوان مورد مطالعه مبنای طراحی الگویی برای تخصیص بودجه بر مبنای عملکرد قرار گرفت. در این الگو با استفاده از الگوریتم یادگیری غیرخطی هبیین و بر اساس منطق بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد، به صورت تکراری ارزش هر یک از عناصر نقشه شناخت فازی محاسبه گردید، ضمن این که فرایندها به عنوان عناصر اصلی تلقی گردیده و مبنای تعیین نقطه توقف قرار گرفتند. پس از هشت مرحله تکرار شرط توقف احراز شد و ارزش نهایی عناصر نقشه شناخت فازی عملیات بدست آمد.

کلید واژگان:

بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد، نقشه شناخت فازی، الگوریتم یادگیری غیرخطی هبیین



۱- مقدمه

هر سازمان انتفاعی و غیر انتفاعی همواره با مسئله تخصیص بودجه رو به رو می‌باشد. از آغاز پیدایش سازمان‌ها تا کنون روش‌های متعددی مورد توجه مدیران در امر بودجه‌ریزی بوده است. امروزه ناکارآمدی نظام سنتی بودجه‌ریزی بر همگان اثبات گشته و تلاش برای تغییر نظام بودجه‌ریزی کشور از اهم امور تلقی می‌گردد [۱] به طوری که در برنامه چهارم و پنجم توسعه این مهم مورد توجه قرار گرفته است. در سال‌های اخیر محققان بسیاری به بررسی ابعاد مختلف بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد پرداخته‌اند. بخش عمده‌ای از این تحقیقات [۲، ۳، ۴، ۵] به مسایل زمینه‌ای بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد از جمله الزامات پیاده‌سازی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد و امکان‌سنجی پیاده‌سازی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد و یا موانع استقرار آن پرداخته‌اند. و تحقیقات کمتری به مدلسازی کیفی [۶، ۷] و کمی [۸، ۹، ۱۰] مسئله بودجه و خصوصاً بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد پرداخته‌اند. و مدلسازی بر اساس مبانی فلسفی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد تقریباً مسکوت مانده است. به عبارت دیگر در حوزه مذکور کمبود مدل‌هایی برای تخصیص بودجه بر اساس پیوستار ورودی، فرایند، خروجی و پیامد که محل تمرکز بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد می‌باشند، بسیار محسوس است. در پژوهش حاضر، نگاشت شناختی فازی به عنوان تکنیکی معرفی می‌گردد که با بهره‌گیری از منطق فازی و الگوریتم ژنتیک قابلیت پاسخگویی به دغدغه مذکور را دارد.

۲- نگاشت شناختی فازی

نقشه‌های شناخت برای اولین بار در سال ۱۹۴۸ در مقاله‌ی تالمن [۱۱] با عنوان "نقشه‌های شناخت در موش‌ها و انسان‌ها" به منصفه ظهور رسید. هدف از این نقشه‌ها، آن بود که به عنوان مدلی در روانشناسی به کار گرفته شوند. هراری (۱۹۷۲) [۱۲] و همکارانش [۱۳] (۱۹۶۵) معتقدند یک نقشه شناخت نمایشی از تفکر درباره یک مسئله است که از فرایند نگاشت شناختی حاصل می‌شود. آکسلرد [۱۴] بیان می‌کند گره‌ها متغیرهایی را نشان می‌دهند که مقادیر خود را از مجموعه‌هایی منظم اخذ می‌کنند و بال‌ها نشان دهنده اظهارات علی هستند. وی دو نوع یال متفاوت معرفی می‌کند: مثبت و منفی. یک یال مثبت از متغیر a به b بدین معنی است که افزایش a موجب افزایش b خواهد شد و یک یال منفی از a به b این معنی را می‌رساند که افزایش a موجب کاهش b خواهد شد. برای اطلاعات بیشتر پیرامون چیستی و چگونگی تشکیل نقشه شناخت مخاطب به [۱۵] ارجاع داده می‌شود. ده سال پس از آکسلرد، نقشه‌های شناختی فازی توسط کاسکو مطرح شد [۱۶]. نقشه‌های فازی علاوه بر نشان دادن گره‌های مفهوم و جهت روابط بین آنها، قدرت نسبی این روابط را نیز نشان می‌دهند. در منبع [۱۷] اطلاعات جامعی در خصوص مفاهیم اولیه نقشه‌های فازی ارائه شده است. فرایند یادگیری در نقشه‌های شناخت تکنیکی است که کارایی و استواری نقشه‌های شناخت فازی را افزایش می‌دهد [۱۸] الگوریتم‌های یادگیری بزرگترین نقطه ضعف نگاشت شناختی فازی یعنی همگرایی بالقوه به محدوده‌های جواب نامطلوب را مرتفع می‌سازند آنها امکان محاسبه مجدد وزن‌ها در شرایط تغییر استراتژی را فراهم می‌آورند [۱۹].

دو دسته تکنیک عمده یادگیری در نگاشت شناختی فازی مطرح است. تکنیک‌های هیبین گونه و RCGA. تکنیک RCGA مبتنی بر الگوریتم ژنتیک بوده و از داده‌های سرپهای زمانی به عنوان داده ورودی استفاده می‌کند تکنیک های هیبین بسیار سریع به جواب می‌رسند و مناسب نقشه‌های بزرگ هستند. این تکنیک‌ها که مبتنی بر قانون هیبین هستند از داده‌های در دسترس و یک فرمول یادگیری استفاده می‌کنند تا به طور مکرر وزن‌های نقشه شناخت فازی را تعدیل کنند تا اینکه به نقطه توقف برسند حالت پایداری رخ دهد. [۲۰]

پاپاجورجیوس و همکارانش [۱۹] تلفیق نقشه شناخت با خصوصیات شبکه‌های عصبی را بهترین شیوه به روزرسانی این نقشه‌ها می‌دانند. کاسکو [۲۱] اولین الگوریتم را در این زمینه با نام یادگیری دیفرانسیلی هیبین ارائه کرد اما فرمول ریاضی خاصی برایش تدوین نکرد. بعدها



این الگوریتم به صورت‌های مختلفی [۲۲ و ۲۳] توسعه یافت اما این الگوریتم‌ها در مسایل واقعی به کار نرفتند [۲۴] در سال‌های اخیر دو رویکرد مبتنی بر قاعده هبیین ارائه شده است یادگیری فعال هبیین و یادگیری غیر خطی هبیین. الگوریتم یادگیری فعال کار خود را با مقادیر اولیه ماتریس وزنی و ارزش اولیه عناصر مدل آغاز می‌کند [۱۹]. این الگوریتم بیشتر مناسب شرایطی است که بتوان ترتیب و توالی فعال‌سازی یک رشته گره توسط گره‌های ماقبل را تعیین کرد. الگوریتم یادگیری غیرخطی هبیین بر این فرض استوار است که در هر تکرار همه گره‌های مفهوم نقشه شناخت فعال هستند و مقدار ارزششان تغییر پیدا می‌کند. در این الگوریتم ارزش هر گره با توجه به تأثیر سایر گره‌ها بر گره مذکور مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود. [۲۴]

$$A_i^{(k+1)} = f(A_i^{(k)} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N A_j^{(k)} \cdot w_{ji}^{(k)}) \quad (1)$$

که در این فرمول $A_i^{(k+1)}$ ارزش گره i م در تکرار $k+1$ ، $A_j^{(k)}$ ارزش گره j در تکرار k و $w_{ji}^{(k)}$ وزن رابطه علی از گره j به گره i در تکرار k است. و تابع f همان تابع حدی سیگموئید است.

$$f(x) = 1/(1 + e^{-x}) \quad (2)$$

الگوریتم یادگیری غیرخطی هبیین بیشتر شبیه به قاعده اوجا [۲۵] می‌باشند و از فرمول زیر برای به روز رسانی وزن‌ها در هر تکرار استفاده می‌کند.

$$w_{ji}^k = \gamma \cdot w_{ji}^{(k-1)} + \eta A_i^{(k-1)} (A_j^{(k-1)} - \text{sgn}(w_{ji}) w_{ji}^{(k-1)} A_i^{(k-1)})$$

که γ پارامتر نرخ یادگیری و η پارامتر تنزیل وزن می‌باشند. از عبارت $\text{sgn}(w_{ji})$ به منظور حفظ جهت رابطه وزنی و البته معنی فیزیکی رابطه استفاده شده است. و $-\text{sgn}(w_{ji}) w_{ji}^{(k-1)} (A_i^{(k-1)})^2$ جهت جلوگیری از افزایش بالقوه نامطلوب در وزن‌های اولیه به کار رفته است.

حدود تجربی پارامتر یادگیری و پارامتر تنزیل وزن به صورت زیر توصیه شده است [۲۶] البته مقدار دقیق این دو پارامتر را با سعی و خطا می‌توان پیدا کرد.

$$0.9 < \gamma < 1 \quad 0 < \eta < 0.1$$

لازم به ذکر است که در الگوریتم غیرخطی هبیین در هر تکرار فقط وزن‌هایی که مقدار اولیه غیر صفر داشته‌اند به روز می‌شوند [۲۴]. پاپاجورجیوس و گرومپوز [۲۴] دو شرط برای پایان این الگوریتم ارائه کرده‌اند. که می‌توان بسته به شرایط مسئله یکی از آنها یا هر دو را به طور همزمان اجرا کرد.

(۱) شرط اول چنین است که تفاوت ارزش محاسبه شده گره‌های خاص مورد نظر (DOC_i) با ارزش مطلوب این گره‌ها (T_i) حداقل باشد. به عبارتی تابع F_1 مینیمم شود.

$$F_1 = \|DOC_i - T_i\|$$

(۲) شرط دوم بیانگر وضعیتی است که ارزش گره‌های خاص مورد نظر به سمت حالت پایداری همگرا شده است به گونه‌ای که قدرمطلق اختلاف ارزش گره خاص i در تکرار k و تکرار $k+1$ از مقدار e کمتر باشد.

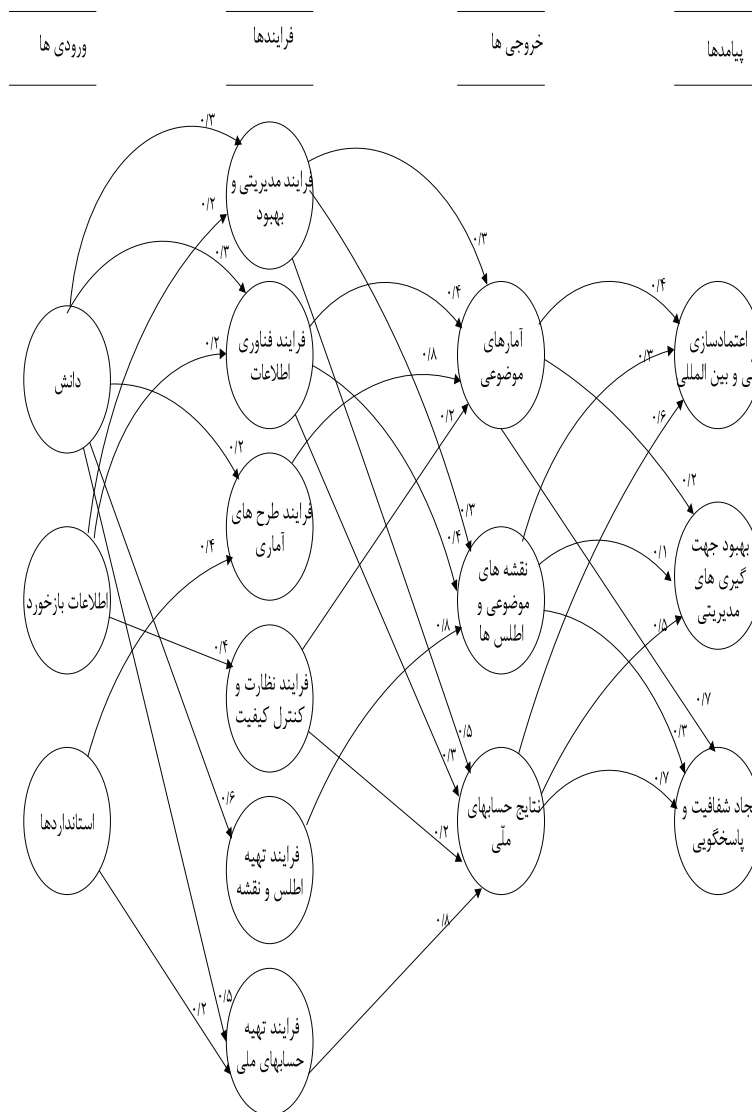
$$F_2 = |DOC_i^{(k+1)} - DOC_i^{(k)}| < e = 0.002$$

۳- مطالعه موردی



در این بخش با بکارگیری الگوریتم یادگیری غیرخطی هیبین در نقشه شناخت فازی مرکز آمار ایران مدلی نوین برای بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد با تمرکز بر اجرا، ارائه می‌گردد.

نقشه فازی شناخت عملیات مرکز آمار ایران به صورت خلاصه در شکل ۱ آورده شده است. این نقشه بر اساس منطق بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد شامل چهار سطح ورودی، فرایند، خروجی و پیامدها می‌باشند. در ادامه با یک متدولوژی گام به گام و بر اساس الگوریتم فوق‌الذکر به محاسبه ارزش هر یک از عناصر فوق‌الذکر با تمرکز بر ارزش فرایندها برای تحقق پیامدهای سازمان پرداخته می‌شود.



شکل ۱- نقشه شناخت عملیات مرکز آمار ایران



گام اول: استخراج ماتریس وزن و بردار ارزش اولیه گره‌ها از نظرات خبرگان

	input1	...	...	...	...	...	input	...	...	...	outcome				
$w^{initial}$	input1	input2	input3	process1	process2	process3	process4	process5	process6	output1	output2	output3	outcome1	outcome2	outcome3
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

عناصر ماتریس وزن‌ها در شکل ۱ بر روی کمان مربوطه نشان داده شده‌اند و بیانگر قدرت رابطه مذکور هستند.

input ... *outcome*

$$A^{initial} = [0.138 \ 0.064 \ 0.05 \ 0.125 \ 0.091 \ 0.071 \ 0.096 \ 0.047 \ 0.055 \ 0.069 \ 0.064 \ 0.121 \ 0.083 \ 0.101 \ 0.109]$$

گام دوم: در این گام مقادیر ماتریس وزن‌ها و نیز ارزش گره‌ها در هر تکرار محاسبه می‌شود. در پژوهش حاضر مقادیر پارامترهای فرمول (۲) با سعی و خطا به صورت $\gamma=98$ و $\eta=0.2$ تعیین شد. پاپاچوریوس و گرومپوز برای محاسبه ارزش هر گره i در دوره $K+1$ ، ارزش گره‌هایی را ملاک قرار می‌دهند که در دوره k بر گره مذکور تأثیر گذاشته‌اند. به عبارتی گره‌های پیشین و کمان‌های منتهی به یک گره معین را مبنای محاسبه ارزش آن گره قرار داده‌اند.

بر اساس منطق بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد نیازمند محاسبه ارزش هر فرایند بر اساس تأثیر آن بر خروجی‌ها و پیامدها هستیم. لذا برای تعیین ارزش هر فرایند باید از فرمولی استفاده کنیم که ارزش گره‌های بعدی و نیز وزن کمان پیشرو (کمان‌هایی که از فرایندها به خروجی‌ها می‌روند) را در محاسبه ارزش فرایند لحاظ کند.

به منظور محاسبه ارزش گره‌ها بر اساس منطق بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد فرمول (۱) با اندکی تغییر به صورت زیر اصلاح می‌شود:

$$A_i^{(k+1)} = f(A_i^{(k)} + \sum_{\substack{j \neq i \\ j=1}}^N A_j^{(k)} \cdot w_{ij}^{(k)}) \tag{۳}$$

در این صورت $w_{ij}^{(k)}$ وزن رابطه علی از گره i به گره j در تکرار k خواهد بود. در ادامه با استفاده از فرمول‌های (۲) و (۳) به محاسبه ماتریس وزن‌ها و ارزش گره‌ها پرداخته می‌شود.



گام سوم: توقف. با توجه به اینکه در این مورد، حد مطلوب برای گره‌ها تعریف نشده است. تنها شرط دوم پاپاجورجیوس و گرومیوز مبنای توقف قرار می‌گیرد. از آنجا که در مسئله بودجه هدف تخصیص بودجه به فرایندها می‌باشند، لذا شش فرایند موجود در نقشه شناخت، به عنوان متغیرهای تعریف کننده نقطه توقف تعیین شدند. در پژوهش حاضر پس از هشت مرحله تکرار، شرط توقف تأمین شد و بردار ارزش نهایی گره‌ها به صورت زیر حاصل شد.

گره	ورودی ۱	ورودی ۲	ورودی ۳	فرآیند ۱	فرآیند ۲	فرآیند ۳	فرآیند ۴	فرآیند ۵	فرآیند ۶	خروجی ۱	خروجی ۲	خروجی ۳	پیامد ۱	پیامد ۲	پیامد ۳
	۹۷۸۰	۸۱۹۰	۷۸۲۰	۸۵۴۰	۸۵۲۰	۷۹۷۰	۷۵۷۰	۷۹۴۰	۸۰۷۰	۸۰۳۰	۷۸۱۰	۸۷۸۰	۶۵۹۰	۶۵۹۰	۶۵۹۰

۴- نتیجه‌گیری

تکنیک نگاشت شناختی فازی می‌تواند به گونه‌ای موثر عملیات یک سازمان و روابط بین عناصر مختلف آن و نیز جهت و شدت رابطه‌های مذکور را به تصویر بکشد. الگوریتم‌های یادگیری ابزارهایی هستند که تکمیل کننده تکنیک مذکور بوده و کارایی و استواری اش را بهبود می‌دهند. الگوریتم یادگیری غیر خطی هبیین الگوریتمی است که می‌تواند در محاسبه ارزش هر یک از اجزای عملیات سازمان به منظور تخصیص بودجه کمک نماید. در مرجع [۱۵] از فنون سلسله مراتبی به جای الگوریتم‌های یادگیری برای اولویت‌بندی عناصر جهت تخصیص بودجه استفاده شده است. الگوریتم یادگیری در مقایسه با فنون سلسله مراتبی به داده‌های بسیار کمتری نیاز دارد و سریع تر از فنون سلسله مراتبی به جواب نهایی می‌رسد.

یکی دیگر از قابلیت‌های الگوریتم یادگیری غیر خطی هبیین در بحث بودجه این است که در این الگوریتم می‌توان برای هر فرایند یا هر عنصر دیگر حد بالا و حد پایینی تعریف کرد که ارزش‌های عناصر مذکور را تنها در بازه مورد نظر محاسبه کند. ترکیب نقشه شناخت فازی و الگوریتم یادگیری غیرخطی هبیین را می‌توان به صورت یک الگو به سطوح خردتر مانند عملیات یک واحد و شکستن فرایندها به فعالیت‌هایی دقیق‌تر تعمیم داد. و بدین طریق ارزش هر فعالیت را در تحقق خروجی‌ها و پیامدهای سازمان محاسبه کرد.

۵- منابع

۱. پورطالعی، فاطمه، ۱۳۸۷، اندازه‌گیری تولیدات علمی و فناوری و طراحی مدلی برای بودجه‌ریزی دستگاه‌های پژوهشی و فناوری بر مبنای قیمت تمام شده خروجی‌های علم و فناوری، دومین کنفرانس بودجه‌ریزی عملیاتی، تهران
۲. اسعدی، محمود؛ ابراهیمی، محسن؛ باباشاهی، جبار. ۱۳۷۸، شناسایی موانع استقرار بودجه عملیاتی در گمرک جمهوری اسلامی ایران بر اساس مدل شه. تهران: دومین کنفرانس بودجه‌ریزی عملیاتی.



۳. رابطنی، محمد ابراهیم، ۱۳۸۶، "بررسی و شناسایی موانع بودجه‌بندی عملیاتی در ارتش جمهوری اسلامی ایران". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس
۴. ساکتی، پرویز؛ سعیدی، احمد. ۱۳۸۸، چالش‌ها و راهکارهای بکارگیری شاخص‌های عملکردی در بودجه‌ریز عملیاتی در دانشگاه‌های ایران. تهران: سومین همایش بین‌المللی بودجه‌ریزی عملیاتی.
۵. محمودی، فاطمه. ۱۳۸۶، بررسی مشکلات پیاده‌سازی بودجه‌ریزی عملیاتی در سازمان‌های دولتی و ارائه راهکارهای لازم جهت کاهش موانع. تهران: اولین کنفرانس بودجه‌ریزی عملیاتی
۶. نجار صراف، علیرضا. ۱۳۸۶، "طراحی مدل جامع نظام بودجه‌ریزی عملیاتی". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امام صادق (علیه السلام).
۷. امیرخانی، طیبه. ۱۳۸۹، "مدلی برای پیاده‌سازی بودجه‌ریزی بر مبنای عملکرد در ایران". رساله دکتری، دانشگاه علامه طباطبایی.
۸. آذر، عادل، و نجفی، سجاد (۱۳۹۰). مدل سازی ریاضی استوار، رویکردی نوین در بودجه ریزی عمومی ایران، پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۱۵
۹. طغیانی، علیرضا. ۱۳۸۲، "طراحی مدل ریاضی چند دوره‌ای برنامه‌ریزی آرمانی جهت تأمین بهینه شرکت ایران خودرو". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۰. غلامعلی‌زاده، ابودر. ۱۳۸۸، "طراحی مدل ریاضی اعتبارات عمرانی وزارت راه و ترابری". پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۱. Tolman, E. C. , ۱۹۴۸. Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, vol. ۵۵, pp. ۱۸۹-۲۰۸.
۱۲. Harary, F. , ۱۹۷۲. Graph Theory. Addison-Wesley, Reading.
۱۳. Harary, F. , Norman, R. , Cartwright, D. , ۱۹۶۵. *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs*. Wiley, New York.
۱۴. Axelrod, R. , ۱۹۷۶. Structure of Decision _ The Cognitive Maps of Political Elites. Princeton University Press, Princeton, NJ.
۱۵. آذر، عادل؛ مصطفایی خدیجه؛ احمدی، پرویز، طراحی مدل بودجه‌ریزی عملیاتی با ترکیب فن انگاره نگاری شناختی و فنون سلسله مراتبی، ۱۳۹۰، مجله برنامه‌ریزی و بودجه، شماره ۳
۱۶. Kosko B. , ۱۹۸۶. Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. ۲۴, pp. ۶۵-۷۵.
۱۷. آذر، عادل؛ مصطفایی، خدیجه، نگاشت شناختی فازی رویکردی نوین در مدلسازی نرم، ۱۳۹۱، پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۱۶، شماره ۳
۱۸. P. Beena, Ranjan Ganguli, ۲۰۱۱, Structural damage detection using fuzzy cognitive maps and Hebbian learning, *Applied Soft Computing*, vol ۱۱, ۱۰۱۴-۱۰۲۰
۱۹. E. I. Papageorgiou a,* , P. P. Spyridonos c, ۱, D. Th. Glotsos c, ۱, C. D. Stylios b, ۲, P. Ravazoula d, G. N. Nikiforidis c, ۱, P. P. Groumos, ۲۰۰۸, Brain tumor characterization using the soft computing technique of fuzzy cognitive maps, *Applied Soft Computing* , vol. ۸ , ۸۲۰-۸۲۸
۲۰. LukaszKurgan, WitoldPedrycz, ۲۰۱۰, A divide and conquer method for learning large Fuzzy Cognitive Maps Wojciech Stach ,*Fuzzy Sets and Systems*, vol. ۱۶۱ , ۲۵۱۵-۲۵۳۲
۲۱. Kosko B (۱۹۹۷) *Fuzzy engineering*. Prentice-Hall, New Jersey
۲۲. Aguilar J, ۲۰۰۲, Adaptive random fuzzy cognitive maps. In: Garijio FJ, Riquelme JC, Toro M (eds) *IBERAMIA, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. ۲۵۲۷, Springer, Berlin Heidelberg Newyork, pp ۴۰۲-۴۱۰



۲۳. Huerga AV (۲۰۰۲) A balanced differential learning algorithm in fuzzy cognitive maps. In: Proceedings of the sixteenth international workshop on qualitative reasoning ۲۰۰۲
۲۴. Elpiniki I. Papageorgiou & Peter P. Groumpos, ۲۰۰۵, A weight adaptation method for fuzzy cognitive map learning, *Soft Comput*, vol ۹: ۸۴۶-۸۵۷
۲۵. Oja E, Ogawa H, Wangviwattana J (۱۹۹۱) Learning in nonlinear constrained Hebbian networks. In: Kohonen T et al. (eds). *Artificial neural networks*. North-Holland, Amsterdam, pp ۳۸۵-۳۹۰
۲۶. Papageorgiou EI, Stylios CD, Groumpos PP, ۲۰۰۳, Fuzzy cognitive map learning based on nonlinear Hebbian rule. In: Gedeon TD, Fung LCC (eds) *AI ۲۰۰۳*, Lecture notes in artificial intelligence, vol. ۲۹۰۳, Springer, Berlin Heidelberg New York, pp ۲۵۴-۲۶۶