

کاربرد مدل F'ANP در شهرسازی

اسفندیار زبردست*

استاد شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۴/۲)

چکیده

اکثر روشهای چندمعیاری کنونی برای تعیین میزان اهمیت عناصر تشکیل دهنده موضوعات از قضاوتهای ذهنی استفاده می کنند. ذهنی بودن قضاوتها یکی از جدی ترین محدودیت های این روشها تلقی میشود. طولانی بودن فرایند محاسبات این روشها (مانند ANP) محدودیت دیگر این روشها است. مدل پیشنهادی F'ANP دو روش تحلیل عاملی و فرایند تحلیل شبکه ای را بگونه ای تلفیق کرده است تا ابتدا موضوع مورد بررسی با استفاده از روش تحلیل عاملی به ابعاد تشکیل دهنده آن تجزیه شوند و سپس با استفاده از روش ANP، این ابعاد و عناصر آنها به شکل شبکه ای ارائه شوند تا بتوان اهمیت نسبی عناصر تشکیل دهنده موضوع را محاسبه کرد. در مدل پیشنهادی F'ANP چون قضاوتها برگرفته از نتایج تحلیل عاملی اند، مشکلات ناشی از ذهنی بودن قضاوتها در تعیین اهمیت عناصر تصمیم برطرف شده است. مزیت دیگر مدل F'ANP این است که، به دلیل استفاده از قابلیت های تحلیل عاملی در تبدیل موضوع به ابعاد مشخص و معین کردن رابطه بین این ابعاد و شاخص های آنها، نیازی به ساخت ماتریس های مقایسه ای دودویی نبوده و نیازی به کنترل سازگاری در قضاوتها وجود ندارد. همچنین محدودیت طولانی بودن مراحل محاسبات آن ANP نیز در مدل F'ANP رفع شده است.

واژه های کلیدی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، فرایند تحلیل شبکه ای (ANP)، مدل F'ANP، تحلیل عاملی، آسیب پذیری اجتماعی، شاخص مرکب (Composite Index).

** تلفکس: ۰۲۱-۶۶۴۱۴۸۴۱، E-mail: zebardst@ut.ac.ir

مقدمه

از محدودیت های جدی AHP و ANP تلقی میشود. نتیجه اینکه برای یک مساله یا موضوع خاص، با توجه به ذهنی بودن قضاوتها در مورد میزان اهمیت عناصر تصمیم، نتایج متفاوتی ممکن است توسط گروه کارشناسان متفاوت ارایه شود (Yuksel and Dag=, 2007). یکی دیگر از کاستی های روش ANP که باعث شده است، علیرغم دقت بیشتری که نسبت به سایر روشهای چند معیاری دارد، کمتر از سایر روشها از جمله AHP مورد توجه و استفاده قرارگیرد، طولانی بودن مراحل محاسبات آن است. مدل $F'ANP$ برای رفع و یا کاهش این محدودیتها ارایه شده است. در این مقاله ابتدا مدل $F'ANP$ و مراحل آن توضیح داده شده و سپس نمونه ای از قابلیت کاربرد این مدل در مباحث شهرسازی با تحلیل آسیب پذیری اجتماعی در سطح نواحی ۱۱۷ گانه کلانشهر تهران ارایه شده و نهایتاً در نتیجه گیری مزیت های مدل $F'ANP$ مطرح شده است.

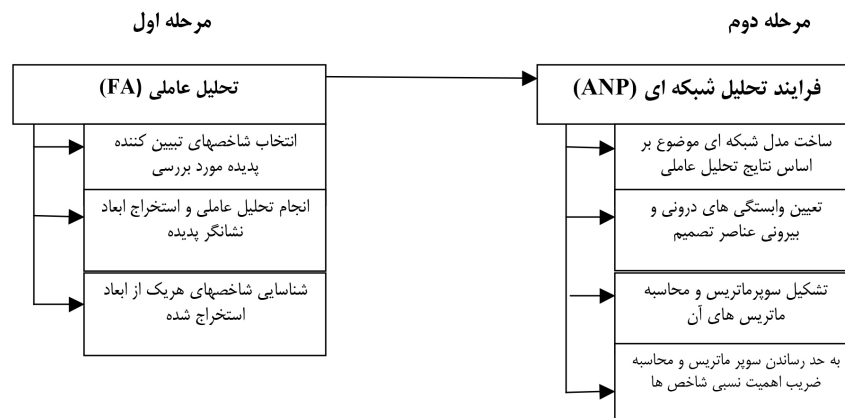
یکی از محدودیت های جدی روش های ارزیابی چند معیاری چون فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) قضاوت های ذهنی است که در این مدلها بکار گرفته می شود تا میزان اهمیت عناصر تصمیم مشخص شوند. در هر دو مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فرایند تحلیل شبکه ای (ANP)، برای سنجش و تعیین میزان اهمیت عناصر تصمیم، ملاک قضاوت در مقایسه دودویی آنها، مقیاس ۹ کمیتی ساعتی (Saaty) است (بنگرید به زبردست، ۱۳۸۰ و زبردست، ۱۳۸۹) که بر اساس آن عناصر تصمیم دو به دو مورد مقایسه قرار می گیرند تا میزان اهمیت نسبی آنها سنجیده شده و پس از بررسی و حصول اطمینان از سازگاری در قضاوتها، وزن یا ضریب اهمیت هر یک از عناصر تصمیم مشخص می شوند. هرچند برای کاهش تاثیر این محدودیت، انجام قضاوتهای گروهی در این روشها امکان پذیر است، ولی اینگونه قضاوتها نیز نهایتاً ذهنی اند، و این کمکان یکی

۱. مدل $F'ANP$ و مراحل آن

مرحله اول: تحلیل عاملی (FA)
در این مرحله، پس از مرور بر متون نظری و تجربی مرتبط و تدوین چارچوب نظری تحقیق، شاخص های تبیین کننده موضوع مورد بررسی شناسایی و انتخاب میشوند. سپس تحلیل عاملی با شاخص های منتخب انجام میشود تا ابعاد نشانگر موضوع مورد بررسی شناسایی و استخراج شوند. پس از استخراج ابعاد تبیین کننده موضوع مورد بررسی، شاخصهای تشکیل دهنده هر یک از این ابعاد نیز شناسایی می شوند. تحلیل عاملی یک فن تحلیلی چند متغیره است که برای آشکار کردن ساختار نهفته ای از متغیرها بکار گرفته می شود. این فن برای استخراج زیرمجموعه ای از متغیرهای ناهمبسته به نام عامل ها به کار می رود که تغییرات مشاهده شده در مجموعه داده های اولیه را توضیح می دهند (برای جزئیات انجام تحلیل

مدل $F'ANP$ در سال ۲۰۱۳ توسط زبردست برای ساخت شاخص مرکب تعیین میزان آسیب پذیری اجتماعی در مقابل زلزله و در راستای به حداقل رساندن کاستی های روش های مرسوم ساخت شاخص های مرکب (Zebardast, 2013) ارایه شد. در مدل $F'ANP$ تلاش شده است تا با بکارگیری مزیت های ذاتی روش تحلیل عاملی، ابتدا موضوع مورد بررسی به ابعاد تشکیل دهنده آن تجزیه شوند و سپس با استفاده از روش ANP، این ابعاد (خوشه ها) و عناصر آنها، و ارتباط و وابستگی های بین عناصر و خوشه ها به شکل شبکه ای مشخص شوند تا بتوان اهمیت نسبی عناصر تشکیل دهنده موضوع مورد بررسی را محاسبه کرد.

فرایند مدل $F'ANP$ را می توان در دو مرحله (نمودار ۱) و به شرح زیر خلاصه کرد (Zebardast, 2013, 1335-1339):

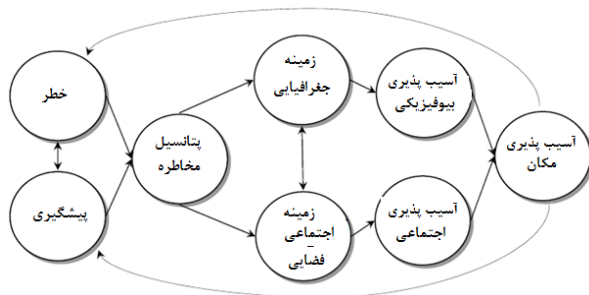


نمودار ۱- مراحل مدل $F'ANP$.

۱،۱،۳. آسیب پذیری اجتماعی و شاخص های تبیین کننده آن مطالعات مربوط به سنجش آسیب پذیری بیشتر برای شناسایی فرایندهایی است که منجر به شکل گیری آسیب پذیری و متغیرهای مربوطه میشود. همانند بسیاری از پدیده های چند بعدی چون کیفیت زندگی، تعریفی از آسیب پذیری اجتماعی که بر آن اجماع عمومی وجود داشته باشد، سخت است. وایزرو وایتو آسیب پذیری اجتماعی را چنین تعریف می کنند «خصوصیات و ویژگیهای فرد و یا گروهی از افراد که بر ظرفیت آنها برای پیش بینی، مقابله با، مقاومت و بازبایی از اثرات سانحه تأثیر می گذارد» (Wisner and Uitto, 2009). مفهوم آسیب پذیری اجتماعی در مقابل سوانح محیطی، آسیب پذیری را شامل عوامل اجتماعی-اقتصادی و جمعیتی در نظر می گیرد که بر تاب آوری جوامع تأثیر می گذارند. آسیب پذیری اجتماعی جمعیت حساسی را شناسایی می کند که احتمالاً نتوانند در مقابل سوانح طبیعی پاسخگو بوده، با آن مقابله کرده و به شرایط اولیه خود بازگردند. آسیب پذیری اجتماعی یک ساخت چندبعدی است که براحتی با یک شاخص قابل تشخیص نیست. آسیب پذیری اجتماعی مفهومی پیچیده و پویا است که در فضا و طول زمان متغیر است. بعد فضایی آسیب پذیری اجتماعی حاکی از این واقعیت است که گروههای جمعیتی با خصوصیات تقریباً یکسان تمایل به سکونت در مکان و یا نواحی مشابهی دارند. بعد زمانی آسیب پذیری اجتماعی نیز بر این واقعیت دلالت دارد که میزان آسیب پذیری افراد به سن و شرایط زیست آنها بستگی دارد (Zebardast, 2013, 1333).

در مدل آسیب پذیری مکان^۱ (VOP) کاتر (نمودار ۲)، سطح خطر از طریق خطر فیزیکی سنجدیده می شود که خود به سه مولفه قابل تجزیه است: منابع بالقوه خطر (کالبدی، تکنولوژیکی و اجتماعی)؛ سطح تأثیر خطر (اثر زیاد یا کم)؛ و فراوانی اتفاق (سیل با احتمال وقوع ۱۰۰ ساله، زلزله با دوره بازگشت ۲۵۰ ساله). این سه مولفه در کنش با اقدامات انجام شده برای کاهش اثرات خطر، پتانسیل مخاطره را شکل میدهند. در این مدل پتانسیل مخاطره از طریق تلاشهای پیشگیرانه قابل کاهش است، لیکن، اقدامات ضعیف و یا غیر موثر پیشگیرانه ممکن است برعکس باعث تشدید پتانسیل مخاطره شوند (Cutter et al., 2000).

پتانسیل مخاطره در کنش با زمینه جغرافیایی و نیز ساخت اجتماعی منطقه مورد مطالعه ایجاد میشود. زمینه جغرافیایی شامل ویژگیهای محیطی منطقه مورد مطالعه و نیز نزدیک بودن به



نمودار ۲- مدل مفهومی آسیب پذیری مکان.
ماخذ: (Cutter et al., 2003, 244)

عاملی بنگرید به زبردست و همکاران، ۱۳۹۲). تحلیل عاملی به طور معمول برای ایجاد یک الگوی تغییرات میان متغیرها یا تقلیل مجموعه داده های بزرگ به تعداد اندکی عامل، که هر یک از این عاملها قابل تعبیر و تفسیر باشند، انجام می شود (Everitt and Dun, 1991).

مرحله دوم: فرایند تحلیل شبکه ای (ANP)

در مرحله دوم، از روش فرایند تحلیل شبکه ای استفاده می شود تا نتایج بدست آمده از تحلیل عاملی در مرحله اول، به یک مدل شبکه ای تبدیل شود تا با استفاده از روش ANP ضریب اهمیت نسبی شاخص های تبیین کننده موضوع مورد بررسی، با در نظر گرفتن ارتباط بین شاخص های تبیین کننده موضوع، محاسبه شوند.

فرایند تحلیل شبکه ای هر موضوع و مسئله ای را به مثابه شبکه ای از معیارها، زیرمعیارها و گزینه ها (یا عناصر) که با یکدیگر در خوشه هایی جمع شده اند، در نظر می گیرد. تمامی عناصر در یک شبکه می توانند با یکدیگر دارای ارتباط باشند. به عبارت دیگر، در یک شبکه، بازخورد و ارتباط متقابل بین و میان خوشه ها امکان پذیر است. بنابراین ANP را می توان متشکل از دو قسمت دانست: سلسله مراتب کنترلی و ارتباط شبکه ای. سلسله مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیارها، و زیرمعیارها را شامل شده و بر ارتباط درونی سیستم تأثیرگذار است و ارتباط شبکه ای وابستگی بین عناصر و خوشه ها را شامل می شود. این قابلیت ANP امکان در نظر گرفتن وابستگی های متقابل بین عناصر را فراهم آورده و در نتیجه نگرش دقیق تری به مسایل پیچیده شهرسازی ارایه می کند. تأثیر عناصر بر عناصر دیگر در یک شبکه توسط یک سوپر ماتریس در نظر گرفته می شود (زبردست، ۱۳۸۹، ۸۰).

۲. نمونه کاربردی: تحلیل آسیب پذیری اجتماعی در سطح نواحی کلانشهر تهران

با توجه به فرایند مدل F'ANP، میتوان از این مدل در بررسی و تحلیل پدیده های چند بعدی در شهرسازی استفاده کرد. در این مقاله برای تعیین میزان آسیب پذیری اجتماعی نواحی ۱۱۷ گانه کلانشهر تهران از مدل F'ANP استفاده شده است تا قابلیت بکارگیری این مدل در بررسی های شهری و منطقه ای ارایه شود.

۱،۳. مرحله اول: تحلیل عاملی (FA)

برای دستیابی به اهداف این بخش از مطالعه، ابتدا مبانی نظری و تجربی مرتبط با آسیب پذیری اجتماعی مورد بررسی قرار می گیرد تا چارچوب نظری مستندی برای پژوهش بدست آید. در این چارچوب نظری مهمترین شاخص هایی که می بایست بمنظور تحلیل آسیب پذیری اجتماعی ناشی از وقوع زلزله در شهر تهران مورد توجه قرار گیرند، انتخاب شده و پس از انجام تحلیل عاملی، ابعاد نشانگر آسیب پذیری اجتماعی و شاخص های مربوط به هر یک از این ابعاد (عاملها) شناسایی می شوند.

با توجه ویژگیهای خاص مدل آسیب پذیری مکان (VOP) کاتر که می توان از آن در بررسی های مربوط به انواع مخاطرات طبیعی (اعم از سیل، زلزله، طوفان، و...) استفاده کرد، و ماهیت این مطالعه که بردستیابی به توزیع فضایی آسیب پذیری اجتماعی در سطح ناحیه کلانشهر تهران تاکید دارد، مدل آسیب پذیری مکان کاتر به عنوان چارچوب نظری این مطالعه انتخاب شده است. بنابراین، با توجه به چارچوب نظری و مدل مفهومی انتخاب شده، و با در نظر گرفتن شرایط و ویژگیهای کلانشهر تهران و نیز در نظر گرفتن قابلیت دستیابی به داده ها و اطلاعات مورد نیاز در سطح ناحیه، از بین شاخص های نشانگر آسیب پذیری اجتماعی برگرفته از مطالعات مرتبط، شاخص های زیر انتخاب شدند (جدول ۱).

کانون مخاطرات، حوادث و سوانح است. ساخت اجتماعی شامل خصوصیات و ویژگیهای اجتماعی - جمعیتی، برداشت محلی از خطر و مخاطره و نیز ظرفیت جامعه مورد نظر در پاسخگویی به مخاطرات است. کاتر و همکاران معتقدند که اکثر محققین در مورد اثرات عوامل زیربرآسیب پذیری اجتماعی اتفاق نظر دارند: عدم دسترسی به منابع (شامل اطلاعات، علم و فناوری)؛ دسترسی محدود به قدرت سیاسی و نمایندگی؛ سرمایه اجتماعی شامل شبکه های اجتماعی و ارتباطات؛ اعتقادات و آداب و رسوم؛ موجودی ساختمان و قدمت آنها؛ زیرساختها و شریانهای حیاتی. اینها معیارها و ویژگیهای تاثیرگذار بر آسیب پذیری اجتماعی اند که در اغلب متون نظری مرتبط مورد استناد قرار گرفته اند (Cutter et al., 2003, 246-249).

جدول ۱- شاخص های انتخاب شده برای بررسی آسیب پذیری اجتماعی نواحی مختلف شهر تهران.

ردیف	شاخص ها	جهت تاثیر	مطالعات
۱	درصد جمعیت بیسواد	↑	(Armas, 2012); (Zebardast, 2013)
۲	نرخ بیکاری	↑	(Shi, 2013); (Flanagan et al., 2011); (Bjarnadottir et al., 2011); (Zebardast, 2013)
۳	نرخ بیکاری مردان ۱۰ ساله و بیشتر	↑	(Borden et al., 2007)
۴	نرخ بیکاری زنان ۱۰ ساله و بیشتر	↑	(de Oliveira Mendes, 2009)
۵	درصد جمعیت بیش از ۶۵ سال سن	↑	(Esnard et al., 2011); (Finch et al., 2010); (Van Zandt et al., 2012); (Jones, 2004); (Tate, 2013:533); (Schmidtlein et al., 2008); (Flanagan et al., 2011)
۶	درصد جمعیت زیر ۱۴ سال سن	↑	(Van Zandt et al., 2013); (Enarson, 2007); (Armas, 2012)
۷	نرخ مهاجرت	↑	(Wood et al., 2010)
۸	بعد خانوار	↑	(Finch et al., 2010); (Armas, 2012); (de Oliveira Mendes, 2009); (Wood et al., 2010)
۹	نفر در واحد مسکونی	↑	(Flanagan et al., 2011)
۱۰	درصد جمعیت مجرد	↑	(Van Zandt et al., 2012); (Andrey and Jones, 2008)
۱۱	درصد معلولین	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۱۲	درصد جمعیت با درآمد بدون کار	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۱۳	درصد زنان بدون کار	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۱۴	درصد واحد مسکونی با مساحت ۵۰ متر مربع یا کمتر	↑	(Zebardast, 2013)
۱۵	واحد مسکونی با یک اتاق	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۱۶	درصد واحد مسکونی با کمتر از یک اتاق	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۱۷	درصد واحد های مسکونی بدون آب، برق و تلفن	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۱۸	درصد واحد های مسکونی بدون آشپزخانه و حمام	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۱۹	درصد واحد های مسکونی استیجاری	↑	(Cutter, 2003); (Zebardast, 2013)
۲۰	درصد کارگران ساده	↑	(Borden et al., 2007); (Zebardast, 2013)
۲۱	تراکم جمعیت	↑	(Armas, 2012); (Tate, 2013:533); (Chakraborty et al., 2005); (Borden et al., 2007); (Myers et al., 2008)
۲۲	دسترسی به مدارس معلولین	↓	(Zebardast, 2013); (Cutter, 2003)
۲۳	دسترسی به مهد کودک	↓	(de Oliveira Mendes, 2009); (Borden et al., 2007)
۲۴	دسترسی به مدارس ابتدایی	↓	(de Oliveira Mendes, 2009); (Borden et al., 2007)
۲۵	دسترسی به دبیرستانها	↓	(de Oliveira Mendes, 2009); (Borden et al., 2007); (Zebardast, 2013)
۲۶	دسترسی به مراکز بهداشتی	↓	(de Oliveira Mendes, 2009); (Borden et al., 2007); (Zebardast, 2013)
۲۷	دسترسی به بیمارستانها	↓	(de Oliveira Mendes, 2009); (Borden et al., 2007)
۲۸	دسترسی به آمبولانس	↓	(Borden et al., 2007); (Zebardast, 2013)
۲۹	دسترسی به ایستگاههای آتش نشانی	↓	(de Oliveira Mendes, 2009); (Borden et al., 2007); (Zebardast, 2013)

استفاده شد. بر اساس این معیار، تنها عامل‌های دارای مقدار ویژه‌ی ۱ یا بیشتر به عنوان منبع ممکن تغییرات در داده‌ها پذیرفته می‌شوند، و عاملی بیشترین اولویت را دارد که بیشترین مقدار ویژه را داشته باشد. هنگامی که تحلیل عاملی با استفاده از روش دوران واریماکس^۳ و اعمال این معیار انجام شد، ساختار روشنی از عامل‌ها با ۵ عامل به دست آمد که جمعاً حدود ۷۸/۸۱ درصد کل تغییرات داده‌ها را توضیح می‌دهند. عوامل استخراج شده، میزان بار عاملی آنها و نیز نامگذاری این عوامل در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ همچنین، شاخص‌های ذیل هر یک از ابعاد استخراج شده را نیز نشان می‌دهد.

۲.۱.۳. انجام تحلیل عاملی و استخراج ابعاد نشانگر آسیب پذیری اجتماعی.

روش تحلیل عاملی با استفاده از ۲۹ شاخص انتخاب شده و با استفاده از نرم‌افزار SPSS، انجام شد. شرایط لازم برای بکارگیری روش تحلیل عاملی، نخست با استفاده از آزمون کرویت بارتلت^۲ و معیار کایسر-مه‌یر-اولکین (Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)) در مورد تناسب کلی نمونه‌ها کنترل شد (Sharma, 1996, 116). آزمون کرویت بارتلت (Sig<0.05) و مقدار عددی KMO برابر با ۰/۷۹۶ مناسب بودن تحلیل عاملی انجام شده را نشان می‌دهند. برای تعیین تعداد عامل‌هایی که باید برای مجموعه داده‌ها در این تحلیل استخراج شوند، از معیار کایسر (Kaiser, 1960)

جدول ۲- عوامل استخراج شده، میزان بار عاملی آنها و نیز نامگذاری این عوامل.

نام عوامل استخراج شده	در صد تغییرات	بار عاملی (Loading)	اختصار	شاخص‌ها
محرومیت عمومی GDEP	۲۵,۶۹۸	۰,۹۴	PIP	درصد جمعیت پیسواد
		۰,۵۶	PHP	درصد معلولین
		۰,۶۹	PNF	در صد زنان بدون کار
		۰,۸۳	HU50	درصد واحد مسکونی با مساحت ۵۰ متر مربع یا کمتر
		۰,۸۱	HIRM	واحد مسکونی با یک اتاق
		۰,۵۴	HWET	درصد واحد های مسکونی بدون آب، برق و تلفن
		۰,۸۶	HKB	درصد واحد های مسکونی بدون آشپزخانه و حمام
		۰,۸۳	PSL	درصد کارگران ساده
		۰,۹۳	LIRM	در صد واحد مسکونی کمتر از یک اتاق
عدم دسترسی به خدمات شهری LACUS	۲۰,۸۱۶	۰,۶۵-	PD	تراکم جمعیت
		۰,۷۳	LASH	دسترسی به مدارس معلولین
		۰,۸۲	LAK	دسترسی به مهد کودک
		۰,۸۵	LAES	دسترسی به مدارس ابتدایی
		۰,۸۶	LAHS	دسترسی به دبیرستانها
		۰,۶۶	LAHC	دسترسی به مراکز بهداشتی
		۰,۷۱	LAH	دسترسی به بیمارستانها
		۰,۸۰	LAA	دسترسی به آمبولانس
		۰,۶۷	LAFS	دسترسی به ایستگاههای آتش نشانی
جمعیت وابسته DEPP	۱۳,۸۴۰	۰,۷۸-	PO65	درصد جمعیت بیش از ۶۵ سال سن
		۰,۷۷-	PSP	درصد جمعیت مجرد
		۰,۷۷-	PNWI	درصد جمعیت با درآمد بدون کار
		۰,۴۸	PRHU	در صد واحد های مسکونی استیجاری
		۰,۷۶	PL14	درصد جمعیت زیر ۱۴ سال سن
ازدحام در واحد مسکونی HCON	۹,۶۷۶	۰,۸۸	MR	نرخ مهاجرت
		۰,۶۶	HHS	بعد خانوار
		۰,۶۳	PHU	نفر در واحد مسکونی
بیکاری UNEM	۸,۷۷۸	۰,۹۶	UER	نرخ بیکاری
		۰,۷۴	UEM	نرخ بیکاری مردان ۱۰ ساله و بیشتر
		۰,۸۵	UEF	نرخ بیکاری زنان ۱۰ ساله و بیشتر

۲.۳. فرایند تحلیل شبکه ای (ANP)

در این مرحله و در چارچوب مدل $F'ANP$ عوامل استخراج شده از تحلیل عاملی (مرحله اول) و شاخص‌های آنها، با استفاده از مدل ANP مورد تحلیل قرار می‌گیرند تا ضریب اهمیت نسبی آنها محاسبه شود.

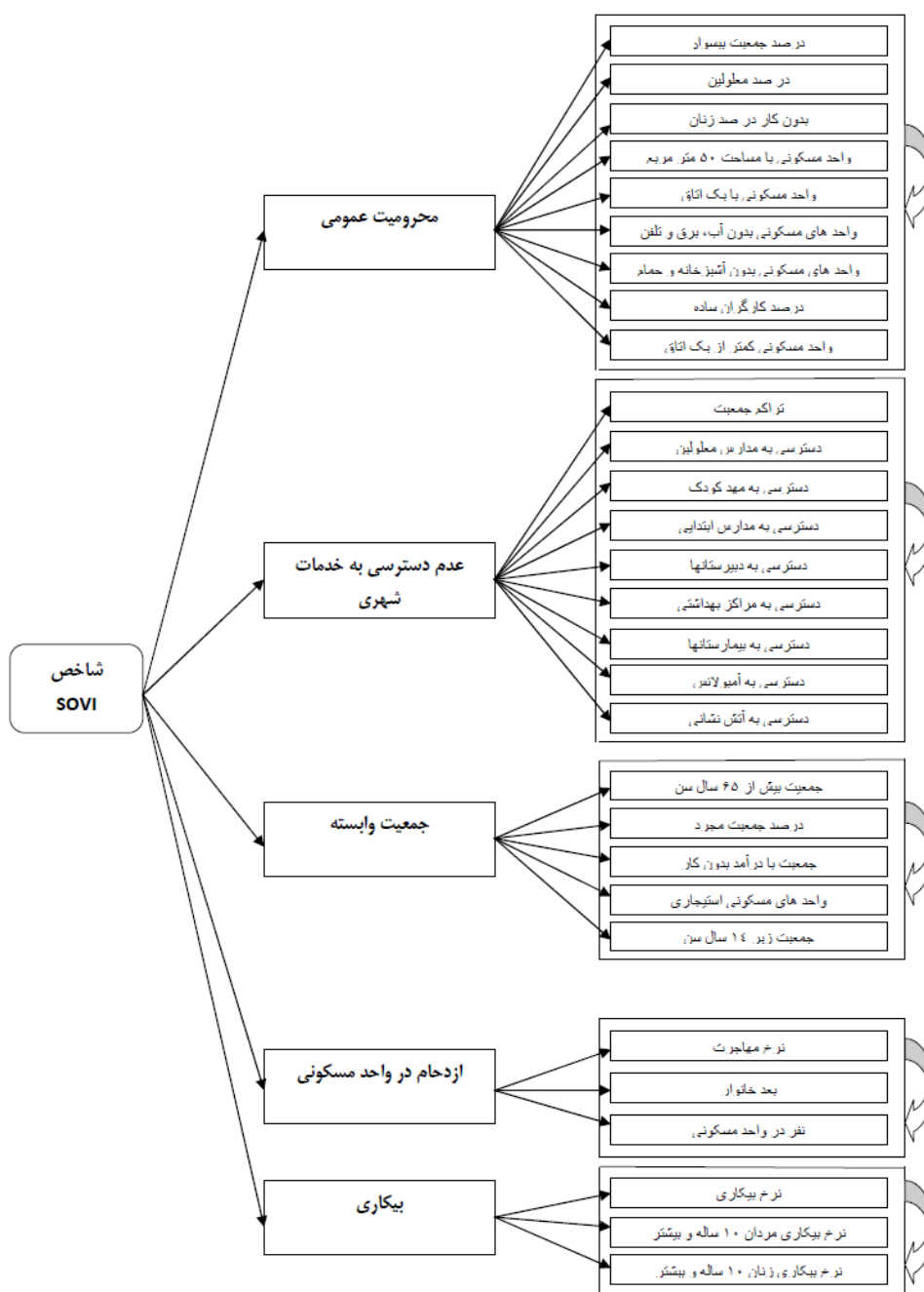
خوشه سوم شاخص‌های ذیل هر یک از ابعاد پنج‌گانه مستخرج از تحلیل عاملی را شامل می‌شود. شاخص‌های تشکیل دهنده هر یک از ابعاد (خوشه سوم) وابسته بهم اند و این امر در نمودار ۳ با کمان نشان داده شده است.

۲.۲.۳. تشکیل سوپر ماتریس اولیه

در این مرحله، با توجه به مدل شبکه ای ساخته شده، سوپر ماتریس اولیه تشکیل شده و ماتریس‌های انفرادی آن ساخته خواهند شد. سوپر ماتریس اولیه برای مدل شبکه ای پیشنهادی در ۳ سطح (متناظر با ۳ خوشه مدل شبکه ای) بشرح زیر است:

۱.۲.۳. ساخت مدل شبکه ای و شناسایی ارتباطات درونی و بیرونی

بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل عاملی، مدل شبکه ای برای ساخت شاخص مرکب آسیب پذیری اجتماعی تنظیم می‌شود (نمودار ۲). در این نمودار خوشه اول هدف مطالعه و خوشه دوم ابعاد پنج‌گانه آسیب پذیری اجتماعی را نشان می‌دهند.



نمودار ۳- مدل ANP برای ساخت شاخص مرکب آسیب پذیری اجتماعی.

حال، اگر بردار درصد تغییرات عوامل را [V] بنامیم، یعنی:

$$[V] = [v_i] = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$$

و ماتریس مقایسه دودویی حاصل از آن را [A] بنامیم:

$$[A] = [a_{ij}]$$

که در آن $[a_{ij}] = \frac{v_i}{v_j}$ است. میانگین هندسی ردیف عناصر ماتریس [A]، یعنی [GM]، بشرح زیر قابل محاسبه است:

$$[GM] = \begin{bmatrix} \left[\frac{v_1}{\prod_{j=1}^n v_j} \right]^{\frac{1}{n}} \\ \vdots \\ \left[\frac{v_i}{\prod_{j=1}^n v_j} \right]^{\frac{1}{n}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{v_1}{\left[\prod_{j=1}^n v_j \right]^{\frac{1}{n}}} \\ \vdots \\ \frac{v_i}{\left[\prod_{j=1}^n v_j \right]^{\frac{1}{n}}} \end{bmatrix}$$

بردار وزن عوامل، یعنی $[W_n]$ ، از طریق نرمالیزه کردن میانگین هندسی فوق، یعنی [GM] و بشرح زیر بدست می آید:

$$[W_n] = \begin{bmatrix} \frac{\frac{v_1}{\left[\prod_{j=1}^n v_j \right]^{\frac{1}{n}}}}{\sum_{i=1}^n \frac{v_i}{\left[\prod_{j=1}^n v_j \right]^{\frac{1}{n}}}} \\ \vdots \\ \frac{\frac{v_i}{\left[\prod_{j=1}^n v_j \right]^{\frac{1}{n}}}}{\sum_{i=1}^n \frac{v_i}{\left[\prod_{j=1}^n v_j \right]^{\frac{1}{n}}}} \end{bmatrix} = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

حال اگر همان بردار درصد تغییرات عوامل، یعنی $[V] = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$ را مستقیماً نرمالیزه کنیم، نتیجه بدست آمده، یعنی $[W_{n1}]$ ، بشرح زیر خواهد بود:

$$[W_{n1}] = \begin{bmatrix} \frac{v_1}{\sum_{i=1}^n v_i} \\ \vdots \\ \frac{v_n}{\sum_{i=1}^n v_i} \end{bmatrix} = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

مشاهده میشود که بردار وزن حاصل از نرمالیزه کردن میانگین هندسی عناصر ردیف ماتریس مقایسه دودویی [A]، یعنی $[W_{n1}]$ ، با بردار

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{هدف} & \text{معیار های اصلی} & \text{زیر معیار ها} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{هدف} \\ \text{معیار های اصلی} \\ \text{زیر معیار ها} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & W_{33} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

۱،۳،۲،۲. محاسبه بردار w_{21}

بردار $[w_{21}]$ رابطه بین اهداف مطالعه و ابعاد پنجگانه آسیب پذیری را نشان میدهد. بنابراین، برای محاسبه بردار $[w_{21}]$ همانند مراحل مرسوم در ANP (بنگرید به زبردست، ۱۳۸۹)، باید مقایسه دودویی بین ابعاد پنجگانه آسیب پذیری اجتماعی به منظور دستیابی به اهداف مطالعه صورت پذیرد. در مدل ANP این مقایسه دودویی براساس مقیاس ۹ کمیته ساعتی و بر پایه نظرات کارشناسی (قضاوت ذهنی) صورت می پذیرد. در مدل پیشنهادی F^۱ANP، برای بررسی رابطه بین اهداف مطالعه و ابعاد نشانگر موضوع، از درصد تغییراتی که هر یک از عوامل استخراج شده در تحلیل عاملی توضیح میدهند، به عنوان معیاری برای محاسبه ضریب اهمیت آنها در مقایسه های دودویی استفاده میشود. یعنی در ساخت ماتریس مقایسه دودویی $[A_{21}]$ بجای استفاده از مقیاس ۹ کمیته ساعتی، از درصد تغییراتی که هر یک از عوامل توضیح میدهند، استفاده میشود (جدول ۲). به عنوان مثال، در ماتریس مقایسه دودویی $[A_{21}]$ ، عنصر a_{12} از تقسیم درصد تغییراتی که عامل ۱ توضیح میدهد (۲۵،۶۹۸) به درصد تغییرات عامل ۲ (۲۰،۸۱۶)، یا $a_{12} = 25,698 / 20,816 = 1,2345$ ، بدست آمده است. بدیهی است عنصر a_{21} معکوس عنصر a_{12} خواهد بود. بدین ترتیب ماتریس مقایسه ای $[A_{21}]$ تکمیل می شود. برای محاسبه ضریب اهمیت عوامل پنجگانه، ابتدا میانگین هندسی عناصر ردیف ماتریس $[A_{21}]$ را بدست آورده و سپس آنها را نرمالیزه می کنیم تا بردار $[W_{21}]$ بدست آید (جدول ۲).

جدول ۲

درصد تغییرات	عوامل	F1	F2	F3	F4	F5	میانگین هندسی	$[W_{21}]$
25.698	F1	1.0000	1.2345	1.8568	2.6558	2.9275	1.7791	0.3261
20.816	F2	0.8100	1.0000	1.5040	2.1513	2.3714	1.4411	0.2641
13.84	F3	0.5386	0.6649	1.0000	1.4303	1.5767	0.9581	0.1756
9.676	F4	0.3765	0.4648	0.6991	1.0000	1.1023	0.6699	0.1228
8.778	F5	0.3416	0.4217	0.6342	0.9072	1.0000	0.6077	0.1114

درصد تغییرات	نرمالیزه درصد تغییرات
۲۵,۶۹۸	۰,۳۲۶۱
۲۰,۸۱۶	۰,۲۶۴۱
۱۳,۸۴	۰,۱۷۵۶
۹,۶۷۶	۰,۱۲۲۸
۸,۷۷۸	۰,۱۱۱۴
جمع ۷۸,۸۰۸	۱

حاصل از نرمالیزه کردن مستقیم بردار $[V]$ ، یعنی $[W_{n1}]$ ، برابر است. بنابراین، در مدل پیشنهادی $F'ANP$ می توان بردار وزن عوامل را بدون تشکیل ماتریس مقایسه ای دودویی و مستقیماً از طریق نرمالیزه کردن درصد تغییرات عوامل بدست آورد: این اصل در مورد محاسبه بردارهای وزن سایر ماتریس های مقایسه دودویی نیز صادق است.

جدول ۳- عناصر ماتریس W_{32} .

	GDEP	LACUS	DEPP	HCON	UNEM
PIP	۰,۱۳۴۵	.	.	.	.
PHP	۰,۰۸۰۱	.	.	.	.
PNF	۰,۰۹۸۷	.	.	.	.
HU50	۰,۱۱۸۷	.	.	.	.
HIRM	۰,۱۱۵۹	.	.	.	.
HWET	۰,۰۷۷۳	.	.	.	.
HKB	۰,۱۲۳۰	.	.	.	.
PSL	۰,۱۱۸۷	.	.	.	.
LIRM	۰,۱۳۳۰	.	.	.	.
PD	.	۰,۰۹۶۳	.	.	.
LASH	.	۰,۱۰۸۱	.	.	.
LAK	.	۰,۱۲۱۵	.	.	.
LAES	.	۰,۱۲۵۹	.	.	.
LAHS	.	۰,۱۲۷۴	.	.	.
LAHC	.	۰,۰۹۷۸	.	.	.
LAH	.	۰,۱۰۵۲	.	.	.
LAA	.	۰,۱۱۸۵	.	.	.
LAFS	.	۰,۰۹۹۳	.	.	.
PO65	.	.	۰,۲۱۹۱	.	.
PSP	.	.	۰,۲۱۶۳	.	.
PNWI	.	.	۰,۲۱۶۳	.	.
PRHU	.	.	۰,۱۳۴۸	.	.
PL14	.	.	۰,۲۱۳۵	.	.
MR	.	.	.	۰,۴۰۵۵	.
HHS	.	.	.	۰,۳۰۴۱	.
PHU	.	.	.	۰,۲۹۰۳	.
UER	.	.	.	.	۰,۳۷۶۵
UEM	.	.	.	.	۰,۲۹۰۲
UEF	.	.	.	.	۰,۳۳۳۳

ماتریس مقایسه دودویی می توان ضرایب اهمیت را مستقیماً از طریق نرمالیزه کردن بردار ذریب بدست آورد، برای بدست آوردن ضریب اهمیت شاخصهای تشکیل دهنده عامل اول (GDEP)، ماتریس ضرایب همبستگی بین این شاخصها را بدست آورده (جدول ۴-الف) و آنها را نرمالیزه می کنیم (جدول ۴-ب). ضریب اهمیت شاخصهای تشکیل دهنده سایر عوامل نیز به همین ترتیب محاسبه می شوند.

بدین ترتیب، ماتریس W_{33} محاسبه می شود (بنگرید به ماتریس W_{33} در سوپر ماتریس جدول ۵).

۳.۲.۲.۳. تشکیل سوپر ماتریس و محاسبه وزن نسبی شاخصها
پس از محاسبه عناصر تشکیل دهنده سوپر ماتریس اولیه، آنها را در سوپر ماتریس اولیه جایگزین می کنیم تا سوپر ماتریس موضوع بدست آید (جدول ۵). سوپر ماتریس بدست آمده موزون است (جمع عناصر ستون آن برابر با ۱ است)، پس آن را به حد می رسانیم تا ضریب اهمیت نسبی شاخصها بدست آید. ضریب اهمیت شاخصها از ستون هدف در سوپر ماتریس حد قابل استحصال است^۵ (جدول ۶). این بردار را نرمالیزه می کنیم تا اهمیت نسبی شاخصها بدست آید (جدول ۷).

۱.۲.۲.۳. محاسبه ماتریس W_{32}

عناصر ماتریس W_{32} ارتباط بین عوامل و شاخصهای آنها را نشان میدهد. در مدل F'ANP بارهای عاملی متغیرها (ضرایب همبستگی متغیرها با عوامل، بنگرید به جدول ۲)، به عنوان میزان اهمیت آنها در ماتریس مقایسه دو دویی $[A_{32}]$ ، در نظر گرفته میشوند. با توجه به اینکه نشان داده شد، بجای تشکیل ماتریس مقایسه دودویی می توان ضرایب اهمیت را مستقیماً از طریق نرمالیزه کردن بردار ذریب بدست آورد، بنابراین، بردار وزن عناصر مربوط به عامل اول (محروریت عمومی - GDEP)، از طریق نرمالیزه کردن بار عاملی شاخصهای آن (جدول ۲) بدست می آید (ستون GDEP جدول ۳). ضریب اهمیت شاخصهای تشکیل دهنده سایر عوامل نیز به همین ترتیب محاسبه می شوند.

۲.۲.۲.۳. محاسبه ماتریس W_{33}

عناصر ماتریس W_{33} ، وابستگی درونی بین شاخصهای تشکیل دهنده هر یک از عوامل را نشان میدهند. در مدل F'ANP قدر مطلق ضرایب همبستگی^۴ بین متغیرهای هر عامل به عنوان نشانگر میزان اهمیت آنها در ماتریس مقایسه دو دویی معیارها در نظر گرفته میشوند. با توجه به اینکه نشان داده شد، بجای تشکیل

جدول ۴- ماتریس ضرایب همبستگی بین شاخصهای عامل اول (الف) و ضرایب اهمیت (وزن) آنها (ب).

		PIP	PHP	PNF	HU50	HVRM	HWET	HKB	PSL	LVRM		
الف)	بار عاملی	PIP	۱	۰.۵۱۹	۰.۷۷	۰.۸۲	۰.۷۹۱	۰.۶۲	۰.۸۱۴	۰.۸۲۲	۰.۸۹۲	
	شاخصهای	PHP	۰.۵۱۹	۱	۰.۳۷	۰.۴۷۱	۰.۳۹۲	۰.۰۵۳	۰.۳۸۶	۰.۲۸۵	۰.۳۹۲	
		PNF	۰.۷۷	۰.۳۷	۱	۰.۷۰۲	۰.۶۵۱	۰.۵۳۸	۰.۵۴۹	۰.۶۰۶	۰.۶۴۷	
	عامل	HU50	۰.۸۲	۰.۴۷۱	۰.۷۰۲	۱	۰.۸۱۳	۰.۴۸۴	۰.۷۴۸	۰.۶۳۷	۰.۷۳۸	
		HVRM	۰.۷۹۱	۰.۳۹۲	۰.۶۵۱	۰.۸۱۳	۱	۰.۴۷۲	۰.۶۹۷	۰.۶۳۳	۰.۷۶۱	
	اول	GDEP	HWET	۰.۶۲	۰.۰۵۳	۰.۵۳۸	۰.۴۸۴	۰.۴۷۲	۱	۰.۵۲۱	۰.۶۸۷	۰.۵۷۹
		HKB	۰.۸۱۴	۰.۳۸۶	۰.۵۴۹	۰.۷۴۸	۰.۶۹۷	۰.۵۲۱	۱	۰.۷۲۷	۰.۸۱	
		PSL	۰.۸۲۲	۰.۲۸۵	۰.۶۰۶	۰.۶۳۷	۰.۶۳۳	۰.۶۸۷	۰.۷۲۷	۱	۰.۸۵۵	
		LVRM	۰.۸۹۲	۰.۳۹۲	۰.۶۴۷	۰.۷۳۸	۰.۷۶۱	۰.۵۷۹	۰.۸۱	۰.۸۵۵	۱	
	ب)	ضریب اهمیت شاخصهای عامل اول	PIP	۰.۱۴۲	۰.۱۳۴	۰.۱۳۲	۰.۱۲۸	۰.۱۲۷	۰.۱۲۵	۰.۱۳	۰.۱۳۱	۰.۱۳۴
PHP			۰.۰۷۴	۰.۲۵۹	۰.۰۶۳	۰.۰۷۳	۰.۰۶۳	۰.۰۱۱	۰.۰۶۲	۰.۰۴۶	۰.۰۵۹	
PNF			۰.۱۰۹	۰.۰۹۶	۰.۱۷۱	۰.۱۰۹	۰.۱۰۵	۰.۱۰۹	۰.۰۸۸	۰.۰۹۷	۰.۰۹۷	
HU50			۰.۱۱۶	۰.۱۲۲	۰.۱۲	۰.۱۵۶	۰.۱۳۱	۰.۰۹۸	۰.۱۲	۰.۱۰۲	۰.۱۱۱	
HVRM			۰.۱۱۲	۰.۱۰۱	۰.۱۱۲	۰.۱۲۷	۰.۱۶۱	۰.۰۹۵	۰.۱۱۱	۰.۱۰۱	۰.۱۱۴	
HWET			۰.۰۸۸	۰.۰۱۴	۰.۰۹۲	۰.۰۷۵	۰.۰۷۶	۰.۲۰۲	۰.۰۸۳	۰.۱۱	۰.۰۸۷	
HKB			۰.۱۱۵	۰.۱	۰.۰۹۴	۰.۱۱۷	۰.۱۱۲	۰.۱۰۵	۰.۱۶	۰.۱۱۶	۰.۱۲۱	
PSL			۰.۱۱۷	۰.۰۷۴	۰.۱۰۴	۰.۰۹۹	۰.۱۰۲	۰.۱۳۹	۰.۱۱۶	۰.۱۶	۰.۱۲۸	
LVRM			۰.۱۲۷	۰.۱۰۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۵	۰.۱۲۳	۰.۱۱۷	۰.۱۳	۰.۱۳۷	۰.۱۵	

Goal	LAHC	LAH	LAA	LAFS	POZΔ	PSP	PNWI	PRHU	PL14	MR	HHS	PHU	UER	UEM	UEF
GD	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAUS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
OC	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
UE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PIP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PHP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PNF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HU50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HIRM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HWET	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HKB	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PSL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HLIRM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PD	.۰۰۸۴	.۰۰۷۶	.۰۰۶۴	.۰۰۸۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LASH	.۰۰۱۹	.۰۰۱۲	.۰۰۱۱	.۰۰۱۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAK	.۰۰۱۲	.۰۰۱۲	.۰۰۱۱	.۰۰۹۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAES	.۰۰۱۳	.۰۰۱۲	.۰۰۱۲	.۰۰۱۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAHS	.۰۰۸۱	.۰۰۸۳	.۰۰۹۴	.۰۰۶۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAHC	.۰۰۱۴	.۰۰۱۱	.۰۰۱۰	.۰۰۱۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAH	.۰۰۱۲	.۰۰۱۲	.۰۰۱۲	.۰۰۱۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAA	.۰۰۱۰	.۰۰۱۳	.۰۰۱۳	.۰۰۹۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAFS	.۰۰۸۳	.۰۰۸۲	.۰۰۸۴	.۰۰۳۴	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PO65	.	.	.	.	.۰۰۲۸	.۰۰۶۲	.۰۰۱۸	.۰۰۱۷	.۰۰۱۸	.	.	.	.	.	.
PSP	.	.	.	.	.۰۰۴۶	.۰۰۳۵	.۰۰۵۷	.۰۰۱۳	.۰۰۳۰	.	.	.	.	.	.
PNWI	.	.	.	.	.۰۰۳۳	.۰۰۸۴	.۰۰۶۸	.۰۰۱۷	.۰۰۳۵	.	.	.	.	.	.
PRHU	.	.	.	.	.۰۰۱۴	.۰۰۸۷	.۰۰۳۶	.۰۰۳۷	.۰۰۱۲	.	.	.	.	.	.
PL14	.	.	.	.	.۰۰۳۱	.۰۰۵۳	.۰۰۳۱	.۰۰۱۷	.۰۰۶۱	.	.	.	.	.	.
MR	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.۰۰۴۸	.۰۰۳۹	.۰۰۱۹	.	.	.
HHS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.۰۰۲۷	.۰۰۴۱	.۰۰۳۸	.	.	.
PHU	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.۰۰۳۳	.۰۰۳۰	.۰۰۴۱	.	.	.
UER	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.۰۰۳۸	.۰۰۳۹	.۰۰۳۵
UEM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.۰۰۳۳	.۰۰۴۵	.۰۰۳۵
UEF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.۰۰۲۸	.۰۰۱۵	.۰۰۵۳

جدول ۶- سوپر متاورس حد

Goal	Goal	GID	LAUS	DP	OC	UE	PIP	PHP	PNF	HU.Δ	HRM	HWET	HKB	PSL	HLRM	PD	LASH	LAK	LAES	
GD	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAUS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
OC	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
UE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PIP	۰.۰۳۳۷	۰.۱۳۴	.	.	.	.	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	۰.۱۳۴	.	.	.	.	.
PHP	۰.۰۳۴	۰.۰۷۴	.	.	.	.	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	۰.۰۷۴	.	.	.	.	.
PNF	۰.۰۳۶۲	۰.۱۱۱	.	.	.	.	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	.	.	.	.	.
HU50	۰.۰۳۹۸	۰.۱۲۲	.	.	.	.	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	.	.	.	.	.
HIRM	۰.۰۳۹۸	۰.۱۱۸	.	.	.	.	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	۰.۱۱۸	.	.	.	.	.
HWET	۰.۰۳۰۷	۰.۰۹۴	.	.	.	.	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	۰.۰۹۴	.	.	.	.	.
HKB	۰.۰۳۸۷	۰.۱۱۹	.	.	.	.	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	.	.	.	.	.
PSL	۰.۰۳۸۸	۰.۱۱۹	.	.	.	.	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	۰.۱۱۹	.	.	.	.	.
HLIRM	۰.۰۳۱۴	۰.۱۲۷	.	.	.	.	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	۰.۱۲۷	.	.	.	.	.
PD	۰.۰۳۴۳	.	۰.۰۹۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲
LASH	۰.۰۳۹۹	.	۰.۱۱۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳
LAK	۰.۰۳۲۲	.	۰.۱۲۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲
LAES	۰.۰۳۲۴	.	۰.۱۲۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۲۳	۰.۱۲۳	۰.۱۲۳	۰.۱۲۳	۰.۱۲۳
LAHS	۰.۰۳۴	.	۰.۰۹۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱
LAHC	۰.۰۲۸۴	.	۰.۱۰۷	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷
LAH	۰.۰۲۸۶	.	۰.۱۰۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸
LAA	۰.۰۳۷	.	۰.۱۰۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲
LAFS	۰.۰۳۲۲	.	۰.۰۸۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸
PO65	۰.۰۳۵۶	.	۰.۲۰۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲
PSP	۰.۰۳۲۲	.	۰.۱۸۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳
PNW1	۰.۰۳۷۹	.	۰.۲۱۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶
PRHU	۰.۰۳۷۳	.	۰.۱۵۵	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵
PL14	۰.۰۳۹	.	۰.۲۲۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۲۲۱	۰.۲۲۱	۰.۲۲۱	۰.۲۲۱	۰.۲۲۱
MR	۰.۰۳۶۳	.	۰.۲۹۵	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۲۹۵	۰.۲۹۵	۰.۲۹۵	۰.۲۹۵	۰.۲۹۵
HHS	۰.۰۳۴۲	.	۰.۳۶۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰
PHU	۰.۰۳۲۵	.	۰.۳۶۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۳۶۶	۰.۳۶۶	۰.۳۶۶	۰.۳۶۶	۰.۳۶۶
UER	۰.۰۳۷۷	.	۰.۳۴۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۳۴۰	۰.۳۴۰	۰.۳۴۰	۰.۳۴۰	۰.۳۴۰
UEM	۰.۰۳۸۱	.	۰.۳۴۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۳۴۳	۰.۳۴۳	۰.۳۴۳	۰.۳۴۳	۰.۳۴۳
UEF	۰.۰۳۵۱	.	۰.۳۱۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰.۳۱۶	۰.۳۱۶	۰.۳۱۶	۰.۳۱۶	۰.۳۱۶

Goal	LAHS	LAHC	LAH	LAA	LAFS	PO۶۵	PSP	PNWI	PRHU	PL۱۴	MR	HHS	PHU	UER	UEM	UEF
GD	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAUS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
OC	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
UE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PIP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PHP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PNF	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HU50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HIRM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HWET	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HKB	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PSL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HUIRM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PD	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲	۰.۰۹۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LASH	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳	۰.۱۱۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAK	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	۰.۱۲۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAES	۰.۱۲۳	۰.۱۲۳	۰.۱۲۳	۰.۱۲۳	۰.۱۲۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAHS	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	۰.۰۹۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAHC	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷	۰.۱۰۷	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAH	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸	۰.۱۰۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAA	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲	۰.۱۰۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LAFS	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PO65	.	.	.	.	.	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	۰.۲۰۲	.	.	.	.	.	.
PSP	.	.	.	.	.	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	.	.	.	.	.	.
PNWI	.	.	.	.	.	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶	۰.۲۱۶	.	.	.	.	.	.
PRHU	.	.	.	.	.	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵	۰.۱۵۵	.	.	.	.	.	.
PL14	.	.	.	.	.	۰.۲۲۲	۰.۲۲۲	۰.۲۲۲	۰.۲۲۲	۰.۲۲۱	.	.	.	.	.	.
MR	.	.	.	.	.	۰.۳۹۵	۰.۳۹۵	۰.۳۹۵	۰.۳۹۵	۰.۳۹۵	.	.	.	.	.	.
HHS	.	.	.	.	.	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰	۰.۳۶۰	.	.	.	.	.	.
PHU	.	.	.	.	.	۰.۳۴۶	۰.۳۴۶	۰.۳۴۶	۰.۳۴۶	۰.۳۴۶	.	.	.	.	.	.
UER	.	.	.	.	.	۰.۳۳۰	۰.۳۳۰	۰.۳۳۰	۰.۳۳۰	۰.۳۳۰	.	.	.	.	.	.
UEM	.	.	.	.	.	۰.۳۴۴	۰.۳۴۴	۰.۳۴۴	۰.۳۴۴	۰.۳۴۴	.	.	.	.	.	.
UEF	.	.	.	.	.	۰.۳۱۷	۰.۳۱۷	۰.۳۱۷	۰.۳۱۷	۰.۳۱۷	.	.	.	.	.	.

جدول ۷- ضریب اهمیت نسبی شاخص‌های آسیب‌پذیری اجتماعی حاصل از مدل F'ANP.

اختصار شاخص‌ها	ضریب اهمیت نسبی (W_{ANP_j})
PIP	۰,۰۴۴۲
PHP	۰,۰۲۴۳
PNF	۰,۰۳۶۷
HU50	۰,۰۴۰۳
HIRM	۰,۰۳۹
HWET	۰,۰۳۱۱
HKB	۰,۰۲۹۲
PSL	۰,۰۲۹۳
HLIRM	۰,۰۴۱۹
PD	۰,۰۲۴۶
LASH	۰,۰۳۰۳
LAK	۰,۰۲۲۶
LAES	۰,۰۲۲۸
LAHS	۰,۰۲۴۳
LAHC	۰,۰۲۸۸
LAH	۰,۰۲۹
LAA	۰,۰۲۷۳
LAFS	۰,۰۲۳۵
PO65	۰,۰۳۶
PSP	۰,۰۲۲۶
PNWI	۰,۰۲۸۴
PRHU	۰,۰۲۷۶
PL14	۰,۰۲۹۵
MR	۰,۰۲۶۸
HHS	۰,۰۴۴۸
PHU	۰,۰۴۲
UER	۰,۰۲۸۲
UEM	۰,۰۳۸۶
UEF	۰,۰۳۵۵

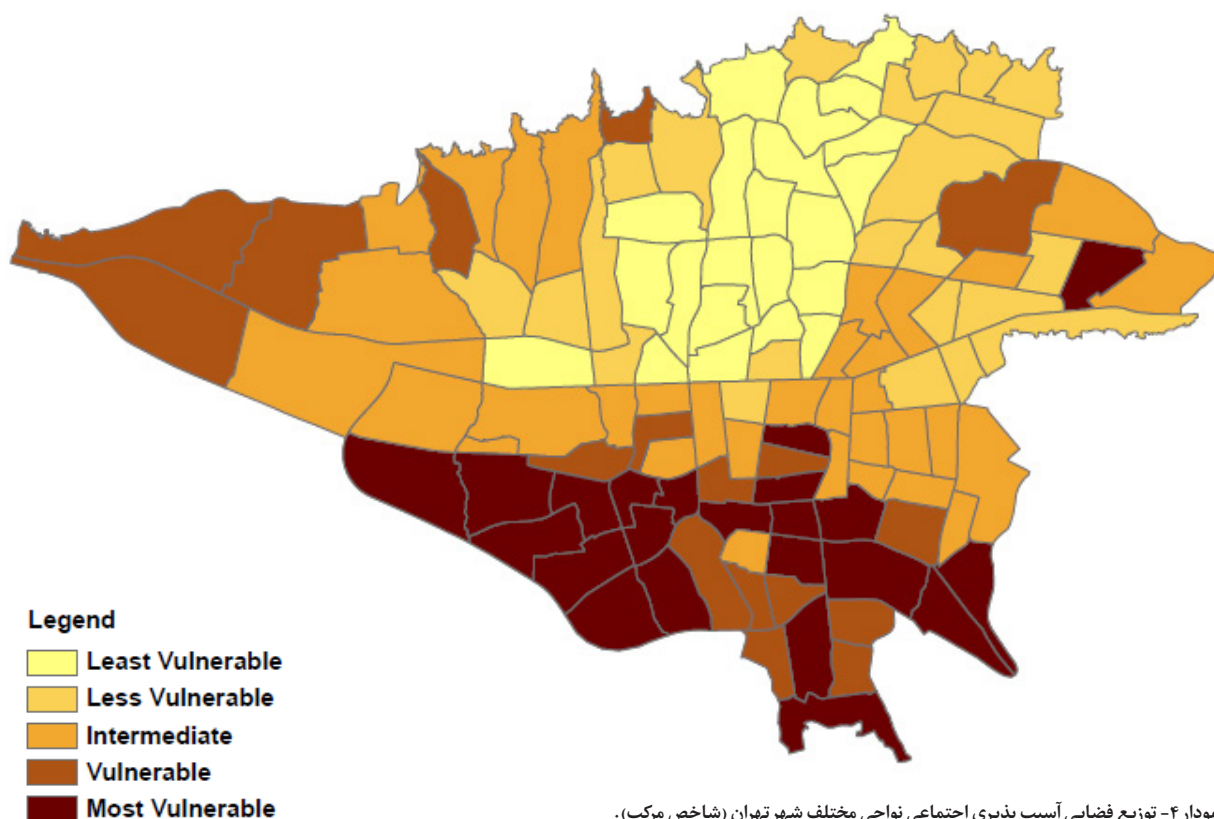
۴,۲,۲,۳. محاسبه شاخص مرکب آسیب‌پذیری اجتماعی در این مرحله هر یک از شاخص‌های تبیین‌کننده موضوع مورد بررسی پس از تعیین و اعمال وزن اهمیت نسبی برای هر یک از آن‌ها با هم تلفیق می‌شوند تا شاخص مرکب مورد نظر بدست آید. معمولاً شاخص‌های استاندارد شده با استفاده از یکی از دو روش خطی (حسابی) و هندسی تلفیق میشوند. موندا و ناردو معتقدند که روش تلفیق حسابی نتیجه مطلوبتری نسبت به روش تلفیق هندسی بدست میدهد. بدین ترتیب که در روش تلفیق خطی، شاخصی که اهمیت بیشتری دارد، متناسباً سهم بیشتری در ساخت شاخص مرکب حاصله خواهد داشت، در صورتیکه در روش تلفیق هندسی اهمیت کمتر اعمال شده به شاخص‌های کم اهمیت تر، منجر به بهبود نسبی بیشتر شاخص مرکب ذیربط میشود (Munda and Nardo, 2005). مزیت دیگر روش تلفیق حسابی این است که این روش تلفیق به داده‌های پرت حساس نیست (Villa and McLeod, 2002). از معایب روش تلفیق حسابی می‌توان به قابلیت جبرانی آن اشاره کرد. قابلیت جبرانی به مواردی گفته می‌شود که در آن یک شاخص با مقدار عددی بزرگتر، شاخص دیگری را که مقدار عددی کوچکتری دارد، پوشش می‌دهد. در روش تلفیق هندسی "قابلیت جبرانی" چندان تاثیری ندارد، ولی این روش نسبت به داده‌های پرت حساس است (Tate, 2013, 530).

در این مقاله از روش تلفیق حسابی، بشرح رابطه (۱) استفاده میشود. پس از اینکه ضریب اهمیت نسبی شاخص‌های آسیب‌پذیری بدست آمدند، با استفاده از رابطه (۱) شاخص مرکب آسیب‌پذیری اجتماعی که نشان‌دهنده میزان آسیب‌پذیری نسبی هر یک از نواحی مختلف (نواحی ۱۱۷ گانه) شهر تهران است، بدست می‌آید:

$$SOVI_i = \sum_{j=1}^J W_{ANP_j} SVI_j$$

در این معادله $SOVI_i$ میزان آسیب‌پذیری نسبی ناحیه i ، W_{ANP_j} ضریب اهمیت نسبی شاخص j (مستخرج از مدل F'ANP)، و SVI_j استاندارد شده مقدار شاخص j در ناحیه i می‌باشد.

۳,۲. ترسیم میزان آسیب‌پذیری اجتماعی نواحی شهر تهران با استفاده از نرم افزار ArcGIS ۹,۳، ابعاد ۵ گانه آسیب‌پذیری اجتماعی (محرومیت عمومی، عدم دسترسی به خدمات شهری، جمعیت وابسته، ازدحام در واحد مسکونی، و بیکاری) و همچنین میزان آسیب‌پذیری اجتماعی نواحی مختلف شهر تهران (شاخص مرکب) در ۵ خوشه خیلی آسیب‌پذیر، آسیب‌پذیر، متوسط، کم آسیب‌پذیر، و خیلی کم آسیب‌پذیر ترسیم شدند. در این مقاله فقط توزیع فضایی آسیب‌پذیری اجتماعی نواحی مختلف شهر تهران (شاخص مرکب) در نمودار ۴ ارائه شده است. بررسی یافته‌های این بخش نشان می‌دهد که در مجموع نواحی جنوبی تهران در مقابل زلزله آسیب‌پذیرتر از بقیه نواحی تهران هستند.



نمودار ۴- توزیع فضایی آسیب پذیری اجتماعی نواحی مختلف شهر تهران (شاخص مرکب).

نتیجه

و استخراج ابعاد نشانگر پدیده مورد بررسی و مشخص کردن شاخصهای تشکیل دهنده هر یک از ابعاد استخراج شده) و ANP (تبدیل موضوع مورد بررسی به یک سیستم منطقی، مثل یک شبکه، و در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل، درونی و بیرونی بین عناصر تصمیم، انعطاف پذیری و امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها)، بر محدودیت‌های جدی ANP (و AHP که حالت خاصی از ANP می‌باشد) از جمله: قضاوت‌های ذهنی که در این مدل‌ها بکار گرفته می‌شوند تا میزان اهمیت عناصر تصمیم مشخص شوند؛ طولانی بودن محاسبات آن؛ و نیاز به کنترل کردن ناسازگاری در قضاوتها فایده و چارچوب مناسبی را برای تحلیل مسایل شهری فراهم آورده است. مدل F'ANP می‌تواند کاربرد‌های فراوانی در تحلیل مسایل شهری و منطقه‌ای و سایر موضوعاتی که ماهیت چند بعدی دارند و برای سنجش و تحلیل آنها از متغیرها و یا شاخص‌های متعدد و مختلفی باید استفاده شود، داشته باشد.

هدف از آرایه این مقاله نشان دادن قابلیت‌های مدل F'ANP در بررسی و تحلیل مسایل شهر و شهرسازی بود. در این مقاله سنجش میزان آسیب پذیری اجتماعی و توزیع فضایی آن در سطح نواحی ۱۱۷ گانه کلانشهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله نشان داده شد که در مدل F'ANP، بدلیل استفاده از قابلیت‌های تحلیل عاملی در تبدیل موضوع به ابعاد مشخص و معین کردن رابطه بین این ابعاد استخراج شده و شاخص‌های آنها، نیازی به ساخت ماتریس‌های مقایسه‌ای دودویی نیست و چون قضاوتها برگرفته از نتایج تحلیل عاملی و به عبارتی عینی‌اند و نه ذهنی، نیازی به کنترل کردن ناسازگاری در قضاوتها نیز وجود ندارد. این دو ویژگی باعث می‌شوند تا فرایند بکارگیری مدل F'ANP ساده‌تر و محاسبات آن نیز بسیار کوتاهتر از مراحل پیشنهادی در روش ANP باشد. بنابراین، مدل F'ANP ضمن حفظ کلیه قابلیت‌های روش تحلیل عاملی (شناسایی

پی‌نوشت‌ها

عوامل استخراج شده از نرم‌افزار SPSS می‌توان استفاده کرد: (Analyze / Correlate / Bivariate).

۵ سوپر ماتریس موزون با استفاده از نرم‌افزار MATLAB در توان ۴۰ به حد رسیده است. در جداول سوپر ماتریس، ارقام تا ۳ رقم اعشار نشان داده شده‌اند.

6 Compensability.

1 Vulnerability of Place -VOP.

2 Bartlett's Sphere Test.

3 Varimax Rotation.

۴ علامت منفی در ضریب همبستگی فقط جهت معکوس را نشان میدهد. برای به دست آوردن ماتریس ضرائب همبستگی بین متغیرهای هر یک از

فهرست منابع

- Finch, Christina; Emrich, Christopher T. and Cutter, Susan L. (2010), "Disaster disparities and differential recovery in New Orleans, *Popul Environ*, Vol. 31, pp. 179-202.
- Flanagan, Barry E.; Gregory, Edward W.; Hallisey, Elaine J.; Heitgerd, Janet L.; and Lewis, Brian (2011) "A Social Vulnerability Index for Disaster Management," *Journal of Homeland Security and Emergency Management*: Vol. 8, Iss. 1, Article 3. DOI: 10.2202/1547-7355.1792 Available at: <http://www.bepress.com/jhsem/vol8/iss1/3>.
- Kaiser, HF (1960) The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement* Vol. 20, pp. 141-151.
- Munda G. and Nardo M. (2005) Constructing consistent composite indicators: the issue of weights, unpublished manuscript.
- Myers, Candice A.; Slack, Tim and Singelmann, Joachim (2008), "Social vulnerability and migration in the wake of disaster: the case of Hurricanes Katrina and Rita", *Population and Environment - POP ENVIRON*, vol. 29, no. 6, pp. 271-291.
- Schmidtlein MC, Deutsch RC, Piegorsch WW, Cutter SL (2008) A sensitivity analysis of the social vulnerability index. *Risk Analysis*, Vol. 28, No. 4, pp. 1099-1114.
- Sharma S (1996) *Applied Multivariate Techniques*. Wiley, New York.
- Tate, Eric (2013) Uncertainty Analysis for a Social Vulnerability Index, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 103, No. 3, pp. 526-543
- Van Zandt, Shannon; Peacock, Walter G.; Henry, Dustin W.; Grover, Himanshu; Highfield, Wesley E. and Brody, Samuel D. (2012), "Mapping social vulnerability to enhance housing and neighborhood resilience", *Housing Policy Debate*, Vol. 22, pp. 29-55.
- Villa, F. and McLeod, H. (2002), "Environmental Vulnerability Indicators for Environmental Planning and Decision-Making: Guidelines and Applications, *Environmental Management* Vol. 29, No. 3, pp. 335-348.
- Wisner B, Uitto J (2009) Life on the Edge: Urban Social Vulnerability and Decentralized, Citizen-Based Disaster Risk Reduction in Four Large Cities of the Pacific Rim. In: Brauch HG et al. (eds) *Facing Global Environmental Change*. Springer Verlag, Berlin, pp. 215-231.
- Wood NJ, Burton CG, Cutter SL (2010) Community variations in social vulnerability to Cascadia-related tsunamis in the U.S. Pacific Northwest. *Nat Hazards* 52:369-389.
- Yuksel I, Dagdeviren M (2007) Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis - A case study for a textile firm. *Information Sciences*, Vol. 177, pp. 3364-3382.
- Zebardast, E. (2013) Constructing a Social Vulnerability Index to Earthquake Hazards using a Hybrid Factor Analysis and Analytic Network Process (F'ANP) Model, *Natural Hazards*, Vol., 65, pp. 1331-1359.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰)، «کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای»، *هنرهای زیبا*، شماره ۱۰، صص ۲۱-۱۲.
- زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹)، «کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای»، *هنرهای زیبا*، شماره ۴۱، صص ۷۹-۹۰.
- زبردست، اسفندیار، احمد خلیلی و مصطفی دهقانی (۱۳۹۲)، «کاربرد روش تحلیل عاملی در شناسایی بافت‌های فرسوده شهری»، *هنرهای زیبا*، دوره ۱۸، شماره ۲، صص ۲۷-۴۲.
- Andrey, Jean and Jones, Brenda (2008) "The dynamic nature of social disadvantage: implications for hazard exposure and vulnerability in Greater Vancouver", *The Canadian Geographer*, Vol. 52, pp 146-166.
- Armas, Iuliana (2012), "Multi-criteria vulnerability analysis to earthquake hazard of Bucharest, Romania", *Natural Hazards*, Vol. 36, pp. 1129-1156.
- Borden, Kevin A.; Schmidlein, Mathew C.; Emrich, Christopher T.; Piegorsch, Walter W.; and Cutter, Susan L. (2007) "Vulnerability of U.S. Cities to Environmental Hazards", *Journal of Homeland Security and Emergency Management*: Vol. 4: Iss. 2, Article 5. DOI: 10.2202/1547-7355.1279. Available at: <http://www.bepress.com/jhsem/vol4/iss2/5>.
- Chakraborty, J., Tobin, G., Montz, B. (2005), "Population Evacuation: Assessing Spatial Variability in Geophysical Risk and Social Vulnerability to Natural Hazards", *Natural Hazards Review*, Vol. 6, No. 1, pp. 23-33.
- Cutter SL, Mitchell JT, Scoot MS (2000) Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown Country, South Carolina. *Ann Assoc Am Geogr*, Vol. 90, pp 713-737.
- Cutter, SL, Boruff, BJ, Shirley, WL (2003), "Social vulnerability to environmental hazards", *Social Science Quarterly* Vol. 84, No. 2, pp. 242-261.
- Cutter, Susan L.; Boruff, Bryan J. and W. Lynn Shirley. (2003), "Social Vulnerability to Environmental Hazards", *Social Science Quarterly*, Volume 84, Number 2, pp. 242-261.
- de Oliveira Mendes, José Manuel (2009), "Social vulnerability indexes as planning tools: beyond the preparedness paradigm", *Journal of Risk Research*, Vol. 12, No. 1, pp. 43-58.
- Dobbie, Melissa J. and Dail, David (2013), "Robustness and sensitivity of weighting and aggregation in constructing composite indices", *Ecological Indicators*, Vol. 29, pp. 270-277.
- Enarson, E (2007), "Identifying and addressing social vulnerabilities", in WL Waugh, KJ Tierney (Eds.) *Emergency management: Principles and practice for local government*, ICMA Press, Colorado.
- Esnard, Ann-Margaret; Alka Sapat, Diana Mitsova (2011), "An index of relative displacement risk to hurricanes", *Natural Hazards*, pp. 1-27.
- Everitt BS, Dun G. (1991) *Applied Multivariate Data Analysis*. Edward Arnold, London.