



## مقایسه روش‌های تجمیع شاخص‌ها برای ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای

غلامحسین عبدالله‌زاده: استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران\*  
 محمدشریف شریف‌زاده: دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران  
 بنفشه ترحمی: دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

دریافت: ۱۳۹۳/۹/۲۱ - پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۸، صص ۲۰-۱

### چکیده

اخیراً روش‌های مختلف تجمیع شاخص‌ها به طور گسترده‌ای در ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مشکلی که پژوهشگران با آن مواجه بوده‌اند تعیین کاربرد مناسب‌ترین روش‌ها بوده است. بنابراین هدف تحقیق حاضر مقایسه روش‌های تجمیع ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای است. معیارهای زیادی برای مقایسه روش‌های تجمیع شاخص‌ها در ساخت شاخص ترکیبی وجود دارد. در این تحقیق، بر مبنای معیار از دست رفتن اطلاعات شاخص اسپیرمن شانون و ضریب همبستگی اسپیرمن و ضریب تغییرات برای مقایسه روش‌های تبدیل تجمیع در ساخت شاخص ترکیبی مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از معیارها گفته شده، پنج روش مرسوم در ساخت شاخص ترکیبی (میانگین وزنی ساده، تاپسیس، مولفه اصلی اصلاح شده، تاکسونومی و انحراف از مقدار بهینه اصلاح شده) از طریق یک مطالعه تجربی بر مبنای اطلاعات ۱۷ شاخص توسعه اقتصادی در ۳۱ استان ایران ارزیابی و مقایسه شدند. نتایج نشان داد که روش‌های مختلف تجمیع شاخص‌ها شاخص‌های ترکیبی مختلفی و همچنین رتبه‌بندی متفاوتی را ایجاد می‌کنند. با وجود این استان‌های تهران، خوزستان، اصفهان و خراسان رضوی در بیشتر روش‌ها عملکرد بهتری در توسعه اقتصادی داشتند. به علاوه استان‌های خراسان جنوبی و شمالی، سیستان و بلوچستان، لرستان، اردبیل و چهارمحال بختیاری نیز در بیشتر روش‌ها در رتبه‌های پایین قرار گرفتند. نتایج محاسبه شاخص اسپیرمن-شانون نشان داد که روش تاپسیس کمترین مقدار و روش‌های تاکسونومی و انحراف از مقدار بهینه اصلاحی بیشتری مقدار این شاخص را دارا هستند. این موضوع بیانگر این است که روش تاپسیس با توجه به معیار از رفتن اطلاعات مناسب‌ترین روش است. بر عکس دو روش تاکسونومی و انحراف از مقدار بهینه اصلاحی به علت اینکه نتایج آنها منجر به از رفتن اطلاعات زیادی می‌شود، انتخاب‌های خوبی نیستند. همچنین نتایج نشان داد که به استثنای روش تاپسیس، سایر روش‌ها همبستگی بالایی با همدیگر دارند که این موضوع بیانگر این است که روش‌های مختلف مکمل همدیگر هستند.

واژه‌های کلیدی: تجمیع شاخص‌ها، توسعه منطقه‌ای، روش‌های تحلیل چند شاخصه، شاخص‌های توسعه.

## ۱- مقدمه

## ۱-۱- طرح مسأله

شاخص‌های ترکیبی<sup>۱</sup> به طور گسترده‌ای برای مقایسه عملکرد مناطق و به عنوان یک ابزار مفید جهت تحلیل سیاست‌ها و عملکردها مورد توجه قرار گرفته‌اند. این شاخص‌ها می‌تواند برای تشریح موضوعات پیچیده و در زمینه‌های مختلفی از علم مانند؛ محیط‌زیست، اقتصاد، جامعه یا توسعه تکنولوژی برای مقایسه عملکرد مناطق، افراد و سازمان‌ها به کار گرفته شوند (Nardo et al., 2005). بنابراین ساخت و به کارگیری اینگونه شاخص‌های ترکیبی توسعه به طور گسترده‌ای در ادبیات اقتصادی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است (Henninger, 1998; UNDP, 1999) و به علت سادگی در ساخت و تحلیل آن کاربرد گسترده‌ای در موضوعات مختلف داشته است (Granados and Peterson, 1999; Ecologist, 2001). با وجود این به کارگیری نتایج شاخص‌های ترکیبی در صورتی که آنها به شیوه‌ای ضعیف تدوین و ایجاد شوند یا استنباط نادرستی از آنها شود می‌تواند منجر به سیاستگذاری نادرست گردد. بزرگنمایی نتایج آن ممکن است کاربران (بویژه سیاستگذاران) را به تحلیل یا سیاستگذاری ساده‌ای از مسائل وادار کند. بنابراین مناسب بودن آنها باید با توجه به اجزاء سازنده آن، مراحل و روش‌های به کار برده شده برای ساخت آن سنجیده شود (Nardo et al., 2005).

از طرفی اغلب روش‌های تجمیع<sup>۲</sup> ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای که از طریق جمع جبری ساده شاخص‌ها بدست می‌آید برای سنجش تفاوت‌های منطقه‌ای توسعه مناسب نیست (Bhatia and Rai, 2004). در واقع فرآیند به دست آوردن شاخص ترکیبی به شیوه جمع جبری شاخص‌های جزء، اطلاعات زیادی حذف می‌شود یا از دست می‌رود، که ممکن است استفاده مهمی برای سازمان‌های توسعه داشته باشند (Ravallion, 1996; Diechmann, 1999). بدیهی است، شناسایی دقیق تفاوت‌های توسعه نیازمند توسل به روش‌های آماری استاندارد است که در آن، کمترین، کاهش در داده‌ها یا گم شدن اطلاعات بوجود آید. بنابراین آنچه در به کارگیری تکنیک‌های ارزیابی توسعه منطقه‌ای لازم است مد نظر قرار گیرد، حفظ ماهیت اطلاعات و جلوگیری از دست رفتن اطلاعات در تبیین تفاوت‌ها است. از طرفی مشکل اصلی در فرآیند ساخت شاخص ترکیبی، انتخاب روش مناسب تجمیع شاخص‌های منفرد است. به همین علت پژوهشگران معیارهای زیادی از قبیل: وجود مبانی نظری قوی، قابل فهم بودن، سهولت استفاده و اعتبار را برای انتخاب یک روش مناسب تدوین کرده‌اند (Zhou and Ang, 2009). برخی پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که باید از طریق استفاده از مقایسه ترکیبی روش‌ها، قابلیت آنها در پشتیبانی از تصمیم را آزمون کرد (Salminen et al., 1998; Olson, 2001). بنابراین تحقیق حاضر با تمرکز بر موضوع جلوگیری از کاهش و گم شدن اطلاعات در فرآیند ساخت شاخص ترکیبی

2 Aggregation Methods

1 Composite indicators (CIs)

روش‌های مناسب ساخت و تجمیع شاخص‌ها روش‌هایی کیفی و کمی مختلف تدوین شده است. روش‌های کیفی مبتنی بر وجود مبانی نظری قوی، قابل فهم بودن، سهولت استفاده و اعتبار شاخص‌های جزء است اما روش‌های کمی مبتنی بر مقایسه نتایج از طریق معیارهای کمی مانند ضریب همبستگی، ضریب اختلاف، درصد تغییر نتایج، شدت تغییرات رتبه و معیار اسپیرمن-شانون است (Zhou and Ang, 2009; بدری و همکاران، ۱۳۸۵).

برخی پژوهشگران با استفاده از تحلیل همبستگی رتبه‌بندی‌های به دست آمده از روش‌های مختلف را مورد آزمون قرار داده‌اند و بر اساس شدت همبستگی بین روش‌ها نسبت به همراستا بودن نتایج تحقیق خود قضاوت کرده‌اند (بدری و همکاران، ۱۳۸۵ و تقوایی و شیخ‌بیگللو، ۱۳۹۲). در برخی تحقیقات نیز معیار ضریب تغییرات ملاک انتخاب روش‌های تجمیع قرار گرفته است و روش‌های با ضریب اختلاف کمتر دارای قدرت بیشتری در تمایز واحدهای مورد مطالعه بودند (سلیمی‌فر و همکاران، ۱۳۸۸). بر مبنای معیار از دست رفتن اطلاعات، زو و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۶) معیار اسپیرمن-شانون<sup>۱۳</sup> را برای مقایسه روش‌های تجمیع شاخص‌ها در فرآیند ساخت شاخص ترکیبی تدوین کردند. اثربخشی این معیار در مقایسه روش‌های MCDA برای ساخت شاخص ترکیبی در برخی مطالعات آزمون شده است (Zhou and Ang, 2009). بنابراین ضرورت دارد که طبق معیار بیان شده که مبتنی بر حفظ ماهیت اطلاعات اصلی، روش‌های مختلف

با استفاده از اطلاعات موجود مهمترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری (میانگین ساده وزنی، تاپسیس، روش اصلاح شده تحلیل مولفه‌های اصلی، تاکسونومی و روش اصلاح شده انحراف از مقدار بهینه) را برای ارزیابی سطح توسعه منطقه‌ای استان‌های ایران به کار می‌گیرد. همچنین برای مقایسه این روش‌ها معیار اسپیرمن-شانون<sup>۳</sup> را که اثربخشی آن در مقایسه روش‌های MCDA برای ساخت شاخص ترکیبی تأیید شده است (Zhou and Ang, 2009) را مورد استفاده قرار می‌دهد.

#### ۱-۲- ضرورت تحقیق

به طور کلی بیشتر روش‌های وزن‌دهی و تجمیع شاخص‌های جزء در شاخص ترکیبی نهایی، از تکنیک‌های تحقیق در عملیات به ویژه تحلیل پوشش داده‌ها<sup>۴</sup> (DEA) و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاری<sup>۵</sup> (MCDA) استخراج شده‌اند (Zhou and Ang, 2009). در حالی که طیفی وسیعی از روش‌های MCDA از قبیل: تاپسیس<sup>۶</sup>، الکترا<sup>۷</sup>، روش مجموع ساده وزین<sup>۸</sup>، ستاده وزنی<sup>۹</sup>، ایده‌آل جانشین وزنی<sup>۱۰</sup>، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۱۱</sup>، تحلیل مولفه‌های اصلی، تحلیل عاملی و انحراف از اپتیمم وجود دارد (Nardo et al., 2005)، اما هیچ کدام نمی‌تواند به عنوان یک روش برتر برای ساخت شاخص ترکیبی مورد استفاده قرار گیرد (Guitouni and Martel, 1998). جهت انتخاب

3 Shannon-Spearman Measure (SSM)

4 Data Envelopment Analysis (DEA)

5 Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA)

6 TOPSIS

7 ELECTRE

8 Simple Additive Weighting (SAW)

9 Weighted Product (WP)

10 Weighted Displaced Ideal (WDI)

11 Analytic Hierarchy Process (AHP)

12 Zhou et al.

13 Shannon-Spearman Measure (SSM)

منطقه‌ای در بین شهرستان‌های استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی چهار روش SAW، TOPSIS، تاکسونومی کلاسیک و غیرکلاسیک را به کار گرفتند. نتایج نشان داد که اختلاف سطح توسعه صنعتی و منطقه‌ای شهرستان‌های مورد مطالعه زیاد است و ارتباط مثبت و معنی‌داری بین توسعه صنعتی و توسعه منطقه‌ای وجود دارد. به علاوه این روش با استفاده از شاخص ضریب تغییرات نشان داد که روش تاکسونومی کلاسیک روش بهتری در ایجاد تمایز بین واحدهای جغرافیایی مورد مطالعه است. پورطاهری و همکاران (۱۳۹۰) با ارزیابی تطبیقی روش‌های رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی نتیجه گرفتند که AHP روشی مناسب برای وزن‌دهی و SAW نیز علت همبستگی بیشتر با سایر روش‌ها، روش مطلوب‌تر برای رتبه‌بندی است. عبدالله‌زاده و شریف‌زاده (۱۳۹۱) روش نه مرحله‌ای را برای ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای پیشنهاد دادند. در این روش شاخص‌ها به روش تقسیم بر میانگین رفع اختلاف مقیاس شدند و با ترکیب روش‌های وزن‌دهی تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل سلسله‌مراتبی با روش اصلاح شده انحراف از مقدار بهینه، شاخص ترکیبی نهایی محاسبه شد. نتایج این تحقیق بیانگر سطح بالای توسعه‌یافتگی در استان‌های تهران، سمنان و اصفهان بود که وجود ساختار مرکز-پیرامون را در توسعه اقتصاد فضایی ایران تأیید کرد. لطفی و شعبانی (۱۳۹۲) با ارائه مدلی تلفیقی به رتبه‌بندی توسعه منطقه‌ای بخش بهداشت و درمان استان مازندران پرداختند. استخراج وزن‌ها به روش سلسله‌مراتبی فازی و بر اساس دیدگاه

ساخت شاخص ترکیبی مقایسه شده و مزیت آنها برای به کارگیری در تحقیقات آینده تبیین شود.

### ۱-۳- اهداف تحقیق

- تحلیل مقایسه‌ای از روش‌های تجمیع شاخص‌ها برای ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای.
- سطح‌بندی توسعه منطقه‌ای استان‌های ایران بر اساس مجموعه‌ای از شاخص‌های ترکیبی

### ۱-۴- پیشینه تحقیق

مطالعات متعددی به ارزیابی و تعیین تفاوت‌های توسعه منطقه‌ای کشور در سطوح بین استانی و شهرستانی پرداخته‌اند. بیشتر مطالعات یک یا تعدادی از روش‌های شناخته‌شده تاکسونومی عددی، تحلیل عاملی، تحلیل مولفه‌های اصلی، ضریب محرومیت، روش موریس، تاپسیس، و ... را جهت سطح‌بندی و رتبه‌بندی واحدهای فضایی مورد مطالعه خود به کار گرفته‌اند. اما تحقیقاتی کمتری به ارزیابی و مقایسه روش‌های سطح‌بندی توسعه منطقه‌ای پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از تحقیقات داخلی و خارجی که تأکید بیشتری بر روش‌شناسی داشته‌اند اشاره می‌شود.

بدری و اکبریان (۱۳۸۵) با ارزیابی تطبیقی روش‌های موریس، تاکسونومی عددی، تحلیل مولفه‌های اصلی و پتانسیلی سطح توسعه‌یافتگی دهستان‌های شهرستان اسفراین را تعیین کردند. نتایج به دست آمده از هر روش نشان داد که به دلیل نوع ماهیت و تفاوت شیوه ارزش‌دهی به شاخص‌ها و همچنین ویژگی‌های خاص هر منطقه، سطح توسعه‌یافتگی دهستان‌های مورد مطالعه در هر روش متفاوت است. سلیمی‌فر و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی سطوح توسعه صنعتی و

داده‌ها به روش استاندارد کردن، وزن دهی به روش AHP و دو مرحله تجمیع داده‌ها صورت گرفت. ابتدا تجمیع شاخص‌های جزء هر مولفه اصلی توسعه پایدار صورت گرفت و سپس این سه مولفه با همدیگر ادغام شدند و شاخص ترکیبی توسعه پایدار ساخته شد. کارآیی این فرآیند هفت مرحله‌ای به علت انعطاف‌پذیری در انتخاب روش و همچنین لحاظ کردن تأثیر هر کدام از شاخص‌های جزء در شاخص ترکیبی نهایی مورد تأیید قرار گرفت. Antony and Rao (۲۰۰۷) شاخص ترکیبی توسعه انسانی و فقر انسانی را به دو روش تحلیل عاملی و تحلیل کارکرد تشخیصی<sup>۱۴</sup> برای ایالت‌های هند محاسبه کردند. نتایج نشان داد که شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی، جمعیتی و بهداشتی نقش مهمی در تعیین سطح توسعه انسانی و همچنین سطح فقر ایفا می‌کنند و این گونه شاخص‌های ترکیبی روشی مناسب برای تعیین سطح استاندارد زندگی در سطوح منطقه‌ای هستند. در یک تحقیق رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی برای ساخت شاخص ترکیبی مبتنی بر تخصیص دو مجموعه وزنی مطلوب و نامطلوب به شاخص‌ها به روش تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد شد. رهیافت پیشنهادی برای ارزیابی توسعه پایدار انرژی ۱۸ کشور عضو سازمان‌های همکاری اقتصادی آسیا و اقیانوسیه به کار گرفته شد (Zhou et al., 2007). در تحقیقی دیگر با هدف ارزیابی دو روش رتبه‌بندی AHP و CBRank سه معیار سهولت استفاده، زمان مورد نیاز برای استفاده از روش و میزان دقت استفاده شد. نتایج نشان داد که با توجه به دو معیار اول

کارشناسان صورت گرفت سپس شهرستان‌های اسان بر اساس روش‌های تاپسیس فازی و الکتور رتبه‌بندی شدند. با توجه به عدم همخوانی دو مدل، جهت ادغام نتایج تکنیک کپلند استفاده شده که نتایج بیانگر وضعیت مطلوب شهرستان‌های بابل، آمل و ساری بود. پوراصغر و همکاران (۱۳۹۲) روش‌های مقدار استاندارد  $Z$ ، موریس، مک‌گراناهان، تحلیل عاملی و تحلیل مولفه‌های اصلی را برای سطح‌بندی توسعه پایدار منطقه‌ای ایران به کار بردند. نتایج نشان داد که استان‌های تهران، کهگیلویه و بوستمان وضعیت بهتری از نظر شاخص‌های محیط‌زیستی داشتند. به علاوه مقایسه روش‌ها نشان داد که روش تحلیل عاملی با سایر روش‌ها سازگاری کمتری دارد. روش مک‌گراناهان و روش تحلیل مولفه‌های اصلی بیشترین همبستگی با یکدیگر را دارند و به نتایج مشابهی منتهی می‌شوند. تقوایی و شیخ بیگلو (۱۳۹۲) بعد از بیان پاره‌ای محدودیت‌ها برای روش‌های مختلف سطح‌بندی سکونتگاه‌ها روش RALSPI را توسعه دادند که محدودیت جبرانی بودن امتیاز شاخص‌های مختلف توسعه، وزن یکسان و عدم ارائه ساختار سلسله مراتبی شاخص‌های مورد مطالعه را تعدیل کند. نتایج سطح‌بندی سکونتگاه به روش ذکر شده نشان داد که شهرستان‌های شمیرانات، تهران، کرج، قائمشهر، اسلامشهر و اصفهان از جمله توسعه یافته‌ترین شهرستان‌های کشور هستند.

Krajnc and Glavic (۲۰۰۵) روش هفت مرحله‌ای برای ساخت شاخص ترکیبی جهت مقایسه سطوح توسعه پایدار پیشنهاد دادند. در این روش نرمال‌سازی

- چه معیارهایی برای تعیین مناسب‌ترین روش‌های تجمیع شاخص‌ها وجود دارد؟
- استان‌های ایران از چه سطحی از توسعه برخوردار هستند و سطوح توسعه منطقه‌ای در ایران چگونه است؟

#### ۱-۶- روش تحقیق

روش مورد استفاده در این تحقیق مبتنی بر تحلیل مجموعه‌ای از شاخص‌ها برای ساخت شاخص ترکیبی توسعه است. به این منظور روش‌های میانگین ساده وزنی، تاپسیس، روش اصلاح شده تحلیل مولفه اصلی (کلانتری، ۱۳۸۰)، تاکسونومی و روش اصلاح شده انحراف از مقدار بهینه (عبدالله‌زاده و شریف‌زاده، ۱۳۹۱؛ Bhatia and Ray, 2004) برای ساخت شاخص ترکیبی استفاده شده است. روش آنتروپی شانون و تحلیل مولفه‌های اصلی برای وزن‌دهی به شاخص‌ها و روش‌های ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن، ضریب تغییرات و شاخص اسپیرمن-شانون نیز برای مقایسه مزیت‌های هر کدام از روش‌ها و همچنین مقایسه اثربخشی آنها در حفظ اطلاعات در فرآیند ساخت شاخص ترکیبی استفاده شده است. همچنین برای رفع اختلاف مقیاس شاخص‌ها از روش‌های تقسیم بر میانگین و نرم خطی استفاده شده است. در نهایت روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی (بر مبنای داده‌های محاسبه شده برای پنج شاخص ترکیبی) برای طبقه‌بندی سطح توسعه استان‌ها به کار برده شد. روش‌های مورد استفاده در جدول (۱) نشان داده شده است.

CBRank نسبت به AHP برتری دارد در حالی در معیار دقت این برتری وجود ندارد (Perini et al., 2009). Zhou and Ang (۲۰۰۹) روش‌های مختلف تجمیع شاخص‌ها در یک شاخص ترکیبی نهایی جهت انتخاب یک روش برتر را مقایسه کردند. این تحقیق معیار اسپیرمن-شانون را برای مقایسه مزیت روش‌های مورد نظر به کار گرفت و با توجه تحلیل حساسیت واریانس روش ستاده وزنی را که کمترین میزان از دست رفتن اطلاعات دارد را برای ساخت شاخص ترکیبی توصیه کردند. Munda and Saisana (۲۰۱۰) مجموعه از رهیافت‌های چندمعیاری غیرجبرانی را جهت ساخت شاخص ترکیبی پایداری در مناطق اسپانیا به کار گرفتند. تحلیل حساسیت صورت گرفته نشان داد که خروج هر کدام از شاخص‌ها از بین مجموعه شاخص‌های به گرفته شده، تأثیر اندکی بر رتبه‌بندی مناطق دارد و نتیجه گرفتند که روش تحلیل پوششی داده‌ها سیمای بهتری از تفاوت‌های توسعه پایدار منطقه‌ای را ترسیم می‌کند. ملاحظه می‌شود بیشتر تحقیقات به تحلیل همبستگی نتایج رتبه‌های محاسبه شده پرداخته‌اند و مطالعات کمتری روش‌های بر مبنای کاهش از دست رفتن اطلاعات مقایسه کرده‌اند که در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته است.

#### ۱-۵- سوالات تحقیق

- در این تحقیق پاسخ به سوالات زیر مورد نظر است؛
- روش‌های تجمیع ساخت شاخص ترکیبی کدام است؟

جدول (۱) روش‌های مورد استفاده در تحقیق

روش‌ها	فرمول
۱. روش میانگین وزنی ساده (SAW)	$CI_c^t = \sum_{i=1}^N w_i r_{ic}^t, \quad x_{ic}^t = \frac{r_{ic}^t}{\sqrt{\sum_{i=1}^N r_{ic}^2}}$
۲. تاپسیس	$CI_{ic}^t = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (w_i r_{ic}^t - \min \{w_i r_{ic}^t\})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (w_i r_{ic}^t - \min \{w_i r_{ic}^t\})^2 + \sum_{i=1}^N (w_i r_{ic}^t - \max \{w_i r_{ic}^t\})^2}}$
۳. روش مولفه‌های اصلی اصلاح شده (نرمال‌سازی به روش تقسیم بر میانگین و وزندهی به روش مولفه‌های اصلی)	$CI_c^t = \sum_{i=1}^N \frac{X_{ic}^t}{\bar{X}_{ic}^t} \times w_i$
۴. روش تاکسونومی غیرکلاسیک	$CI_c^t = \frac{C_{io}}{C_o}, \quad C_o = \bar{C}_{io} + 2\sigma C_{io}, \quad C_{io} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ic} - Z_{oc})^2}$
۵. انحراف از مقدار بهینه اصلاح شده	$CI_c^t = \frac{C_i}{C}, \quad C = \bar{C}_i + 3\sigma_i, \quad Z_{ic}^t = \frac{X_{ic}^t}{\bar{X}_{ic}^t}, \quad C_i = \left[ \sum_{c=1}^k \left( \frac{(Z_{ic} - Z_{oc})^2}{CV_c} \right) \times W_i \right]^{\frac{1}{2}}$
<p><math>X_{ic}^t</math> ارزش شاخص <math>i</math> برای واحد مورد مقایسه (استان) <math>c</math> در زمان <math>t</math> است. <math>W_i</math> وزن تخصیص یافته به شاخص <math>i</math> در شاخص ترکیبی کل است. <math>r_{ic}^t</math> نیز ماتریس نرمال شده <math>X_{ic}^t</math> است. <math>Z_{ic}</math> مقادیر استاندارد شده، <math>Z_{oc}</math> بیشترین مقدار از مقادیر استاندارد شده و <math>CV</math> ضریب تغییرات مقادیر استاندارد شده است.</p>	

(۲) نیز از مراکز آماری کشور (مرکز آمار ایران و بانک مرکزی) در طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ جهت مقایسه روش‌های ساخت شاخص ترکیبی و سطح‌بندی توسعه استان‌ها استفاده شده است.

## ۲- مبانی نظری

### ۲-۱- مراحل ساخت شاخص ترکیبی

ساخت شاخص‌های ترکیبی در برگیرنده انتخاب‌های متعددی است. این موضوع در برگیرنده مراحل مختلفی مانند انتخاب متغیرها و شاخص‌ها، نرمال‌سازی، تعیین وزن و در نهایت ترکیب آنها در یک شاخص نهایی است (عربیون و عبدالله‌زاده). برخی محققان برای تحلیل مجموعه‌ای از شاخص‌ها مراحل اعتبار نتایج

روش محاسبه شاخص اسپرمن و شانون نیز به شرح زیر است (Zhou and Ang, 2009):

$$d = \left| \sum_{j=1}^n w_j \left( 1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \right) r_{sj} - \left( 1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \right) r_s \right|$$

که در آن  $p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}$  ( $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ ) و

$$p_i = \frac{CI_i}{\sum_{i=1}^m CI_i} \quad (i=1,2,\dots,m)$$

چقدر مقدار  $d$  در روش مورد نظر کمتر باشد، اطلاعات کمتری از دست رفته است و آن روش می‌توان به عنوان روش برتر شناخته شود. همچنین در این تحقیق داده‌های مربوط به ۱۷ شاخص توسعه اقتصادی (جدول

مرحله‌ای ساخت شاخص ترکیبی شامل؛ انتخاب شاخص‌ها، گروه‌بندی (گروه‌بندی شاخص‌ها در طبقات و مولفه‌های کمتر)، اعتبارسنجی، قضاوت (تفکیک شاخص‌های منفی از مثبت)، تبدیل (تبدیل شاخص‌های منفی به مثبت)، نرمال‌سازی، وزن‌دهی، محاسبه شاخص‌های ترکیبی زیر گروه‌ها و محاسبه شاخص ترکیبی کل را در این راستا پیشنهاد دادند. در این تحقیق بر مرحله اعتبارسنجی شاخص‌ها که به مفهوم بسندگی و کفایت شاخص در دستیابی به اهداف تحقیق است، بیشتر تأکید شد.

جامع‌ترین روش‌شناسی برای ساخت شاخص ترکیبی توسط ناردو و همکاران (۲۰۰۵) ارائه شده که در برخی از تحقیقات (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. مراحل دهگانه ناردو و همکاران (۲۰۰۵) زیر را برای ساخت شاخص ترکیبی پیشنهاد دادند.

۱. تدوین چارچوب نظری: چارچوب نظری باید تدوین داده شود تا مبنای انتخاب و ترکیب شاخص‌های مجزا در یک شاخص ترکیبی معنی‌دار را مشخص کند.

۲. انتخاب داده‌ها: شاخص‌ها باید بر اساس مناسبت تحلیلی، قابلیت اندازه‌گیری، پوشش کشور، مرتبط بودن با پدیده مورد بررسی و رابطه با یکدیگر انتخاب شوند.

۳. تحلیل‌های چندمتغیری - یک تحلیل اکتشافی باید ساختار کلی شاخص‌ها و مناسب بودن مجموعه داده‌ها را بررسی کند و انتخاب‌های روش‌شناختی را تبیین کند. در واقع باید بررسی شود که آیا ترکیب نظری ابعاد و زیر ابعاد در نظر گرفته شده از داده‌ها پشتیبانی

نهایی و بازخورد را نیز ضروری می‌دانند (Bellows, 1994). از طرفی محتوی شاخص‌ها با توجه به شرایط هر منطقه و اهداف توسعه آنها متفاوت است بنابراین انتخاب شاخص‌ها علاوه بر اینکه باید مبانی علمی را رعایت کند باید متناسب با شرایط خاص منطقه‌ای و با توجه به هدف مطالعه نیز صورت گیرد (Hua-jiao et al., 2007). بر این اساس محققان مختلف بسته به اهداف و ماهیت تحقیق خود مراحل مختلفی را برای ساخت شاخص ترکیبی پیشنهاد داده‌اند. کلاستری (۱۳۸۰) روش چهار مرحله‌ای شامل: ۱- تعیین هدف مطالعه و تدوین چارچوب آن (جنبه‌های مورد نظر توسعه)، ۲- تعیین سطح مطالعه (واحدهای مختلف جغرافیایی)، ۳- شناخت نوع آمار قابل دسترس، ۴- انتخاب شاخص را برای ساخت شاخص ترکیبی پیشنهاد می‌کند و تأکید می‌کند انتخاب شاخص‌ها باید به نحوی انجام گیرد که شاخص‌های نشان‌دهنده نابرابری با شاخص‌های نشان‌دهنده تنوع طبیعی تلفیق نشوند. فائو ۵ مرحله را برای انتخاب شاخص سنجش پایداری ضروری می‌داند (Garcia et al., 2000)؛

۱. شناسایی قلمرو نظام‌های مرجع توسعه پایدار  
۲. توسعه چارچوبی برای توافق بر روی مولفه‌های درون یک سیستم

۳. شناسایی اهداف، معیارها،

۴. انتخاب مجموعه‌ای شاخص‌ها و ارزش‌های مرجع

۵. شناسایی روش‌هایی برای ترکیب و تلفیق شاخص‌ها.

عبدالله‌زاده و شریف‌زاده (۱۳۹۱) نیز با توسعه روش هفت مرحله‌ای (Krajnc and Glavic, 2005) روش نه



منفرد در شاخص ترکیبی کل نیز اهمیت فراوانی دارد. دو روش اصلی برای تجمیع وجود دارد که عبارتند از روش تجمیع خطی (حسابی) و روش تجمیع توانی (Funtowicz et al., 1990).

۷. استحکام و حساسیت: برای بررسی دقت شاخص‌های ترکیبی با توجه به روش‌های نرمال‌سازی، وزن‌دهی، جایگزینی داده‌های گمشده و شیوه تجمیع آزمون‌های استحکام و حساسیت لازم است لحاظ شوند. در این آزمون‌ها تلاش می‌شود تا روش‌های جایگزین امتحان گردند و در مجموع تلاش می‌شد تا با قرار دادن روش‌های موازی موجود، نتایج رویکردهای رقیب نیز بررسی شود (Saisana and Tarantola, 2002).

۸. ارتباط شاخص ترکیبی با سایر متغیرها: لازم است چگونگی ارتباط شاخص ترکیبی با سایر شاخص‌های متغیرهای شناخته شده در حیطه تحقیق از طریق تحلیل‌های آماری مرتبط تبیین شود.

۹. ارائه و انتشار: شاخص‌های ترکیبی می‌تواند از طریق رسم نمودار، شکل یا نقشه‌های GIS ترسیم و برای افزایش تأثیر آنها نمایش داده شود. این موضوع امکان دریافت اطلاعات حاصل از شاخص ترکیبی را به راحتی فراهم می‌کند.

۱۰. بازگشت به داده‌های واقعی: شاخص‌های ترکیبی باید شفاف باشند و قادر باشند تا به شاخص‌های تشکیل دهنده خود تجزیه شوند. از طرفی در نظر گرفتن جزئیات نظری و ابعاد شاخص ترکیبی نکات جالب توجهی را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد.

می‌کند یا خیر. روش‌های مختلفی مانند تحلیل عاملی، مدل‌یابی معادلات ساختاری، تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل همبستگی در این راستا به کار برده می‌شوند.

۴. جایگزینی داده‌های گمشده: ملاحظاتی در خصوص جایگزین مقادیر مناسب برای واحدهایی که اطلاعات آنها کامل نیست باید در نظر گرفته شود. هر چند رهیافت‌های گوناگونی در این زمینه وجود دارد اما مقادیر میانگین اغلب به عنوان جایگزین داده‌های گمشده پیشنهاد شده است. با بررسی شکل توزیع، می‌توان داده‌های پرت و انتهایی را شناسایی و آنها را حذف کرد.

۵. نرمال‌سازی: شاخص‌ها باید نرمال‌سازی شوند و با توجه به مقیاس‌های یکسانی که به دست می‌آورند، قابل مقایسه شوند. روش‌های مختلفی برای نرمال‌سازی داده‌ها وجود دارد که برخی از آنها مانند روش‌های تقسیم بر میانگین و روش استاندارد کردن بسیار شناخته شده هستند و در تحقیقات مختلف به کار برده می‌شوند.

۶. وزن‌دهی و تجمیع: وزن مناسب به شاخص‌ها باید در نظر گرفته شود سپس به مطابق با چارچوب نظری مورد نظر به روش‌های مناسب تجمیع شوند. بیشتر تحلیل‌های آماری چند متغیره و همچنین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در این مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش‌های مختلف وزن‌دهی مانند روش مک‌گراناهان، تحلیل مولفه‌های اصلی تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده، اجماع نظر کارشناسان و شیوه وزن‌دهی مساوی اغلب در این راستا استفاده می‌شود. پس از وزن‌دهی نحوه تجمیع شاخص‌های

کرده‌اند (Zhou and Ang, 2009). برخی پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که باید از طریق استفاده از مقایسه ترکیبی روش‌ها، قابلیت آنها در پشتیبانی از تصمیم را آزمون کرد (Salminen et al., 1998; Olson, 2001). با این حال، فرآیند بدست آوردن شاخص ترکیبی منجر به حذف و از دست رفتن اطلاعات زیادی می‌شود، اطلاعاتی که بویژه ممکن است استفاده مهمی برای سازمان‌های توسعه داشته باشند (Ravallion, 1996; Diechmann, 1999). از طرفی برخی پژوهشگران با استفاده از تحلیل همبستگی رتبه‌بندی‌های به دست آمده از روش‌های مختلف را مورد آزمون قرار داده‌اند و بر اساس شدت همبستگی بین روش‌ها نسبت به همراستا بودن نتایج تحقیق خود قضاوت کرده‌اند (بدری و همکاران، ۱۳۸۵ و تقوایی و شیخ‌بیگللو، ۱۳۹۲). در برخی تحقیقات نیز معیار ضریب تغییرات ملاک انتخاب روش‌های تجمیع قرار گرفته است. به نحوی هر کدام از روش‌ها با ضریب تغییرات کمتر دارای قدرت بیشتری در تمایز واحدهای مورد مطالعه است (سلیمی‌فر و همکاران، ۱۳۸۸). بر مبنای معیار از دست رفتن اطلاعات، زو و همکاران<sup>۲۳</sup> (۲۰۰۶) معیار اسپیرمن-شانون<sup>۲۴</sup> را برای مقایسه روش‌های تجمیع شاخص‌ها در فرآیند ساخت شاخص ترکیبی تدوین کردند. اثربخشی این معیار در مقایسه روش‌های MCDA برای ساخت شاخص ترکیبی در برخی مطالعات آزمون شده است (Zhou and Ang, 2009). در این تحقیق ابتدا شاخص ترکیبی به چهار روش،

مشاهده می‌شود که در این رهیافت روش‌شناختی، ۶ گام اول مربوط به ساخت شاخص ترکیبی و دو گام بعدی مرتبط با ارزیابی نحوه ساخت شاخص و داده‌ها است. در دو گام انتهایی نیز راه‌های ارائه و انتشار شاخص تبیین شده است.

۲-۲- روش‌های تجمیع در ساخت شاخص ترکیبی  
به طور کلی بیشتر روش‌های وزن‌دهی و تجمیع شاخص‌های جزء در شاخص ترکیبی نهایی، از تکنیک‌های تحقیق در عملیات به ویژه تحلیل پوشش داده‌ها<sup>۱۵</sup> (DEA) و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاری<sup>۱۶</sup> (MCDA) استخراج شده‌اند (Zhou and Ang, 2008). در حالی که طیفی وسیعی از روش‌های MCDA از قبیل: تاپسیس<sup>۱۷</sup>، الکت<sup>۱۸</sup>، روش مجموع ساده وزین<sup>۱۹</sup>، ستاده وزنی<sup>۲۰</sup>، ایده‌آل جانشین وزنی<sup>۲۱</sup>، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۲۲</sup>، تحلیل مولفه‌های اصلی، تحلیل عاملی و انحراف از اپتیمم وجود دارد (Nardo et al., 2005)، اما هیچ کدام نمی‌تواند به عنوان یک روش برتر برای ساخت شاخص ترکیبی مورد استفاده قرار گیرد (Guitouni and Martel, 1998).

بنابراین یک مشکل اصلی، انتخاب روش مناسب MCDA برای ساخت شاخص ترکیبی است. به همین علت پژوهشگران معیارهای زیادی از قبیل: وجود مبانی نظری قوی، قابل فهم بودن، سهولت استفاده و اعتبار را برای انتخاب یک روش مناسب MCDA تدوین

15 Data Envelopment Analysis (DEA)

16 Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA)

17 TOPSIS

18 ELECTRE

19 Simple Additive Weighting (SAW)

20 Weighted Product (WP)

21 Weighted Displaced Ideal (WDI)

22 Analytic Hierarchy Process (AHP)

23 Zhou et al.

24 Shannon-Spearman Measure (SSM)

شاخص اسپیرمن-شانون مزیت هر کدام از روش‌ها و همچنین قابلیت آنها در حفظ اطلاعات ارزیابی می‌شود.

### ۳-۱- محاسبه وزن شاخص‌ها

جدول (۳-۱) وزن محاسبه شده برای شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که شاخص سهم از ارزش افزوده بخش صنعت و معدن بیشترین و شاخص نرخ مشارکت اقتصادی کمترین وزن را به روش آنتروپی شانون دارا هستند. محاسبه وزن‌ها به روش تحلیل مولفه‌های اصلی بیانگر این است که دو شاخص سهم درصدی محصول ناخالص داخلی با نفت و سهم از ارزش افزوده بخش ساختمان- آب و برق و گاز بیشترین وزن را دارا هستند، در حالی که شاخص نرخ بیکاری کمترین وزن را به خود اختصاص داده است.

میانگین ساده وزنی، تاپسیس، روش اصلاح شده تحلیل مولفه اصلی، تاکسونومی، روش اصلاح شده انحراف از مقدار بهینه به دست می‌آید، سپس به روش معیار اسپیرمن-شانون مفید بودن این روش‌ها ارزیابی می‌شود و در نهایت با استفاده از ترکیبی از این روش‌ها طبقه‌بندی سطح توسعه منطقه‌ای به روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی به دست می‌آید.

### ۳- تحلیل یافته‌ها

این قسمت ابتدا وزن محاسبه شده برای شاخص‌ها از طریق روش‌های آنتروپی شانون و روش تحلیل مولفه‌های اصلی ارائه خواهد شد. سپس نتایج به تفکیک پنج روش مورد نظر ارائه خواهد شد. در نهایت با محاسبه ضریب همبستگی، ضریب تغییرات و

جدول (۲) محاسبه وزن شاخص‌ها

ردیف	شاخص	وزن آنتروپی شانون	وزن تحلیل مولفه‌های اصلی
۱	سهم از ارزش افزوده بخش کشاورزی، شکار و ماهیگیری	0.0445	0.3570
۲	سهم از ارزش افزوده بخش صنعت و معدن	0.2038	0.6503
۳	سهم از ارزش افزوده بخش ساختمان- آب و برق و گاز	0.1070	0.8180
۴	سهم از ارزش افزوده بخش خدمات	0.1596	0.6516
۵	رشد تولید ناخالص داخلی بدون نفت ۸۹ نسبت به ۸۸	0.0203	0.5566
۶	رشد تولید ناخالص داخلی با نفت ۸۹ نسبت به ۸۸	0.0212	0.5931
۷	محصول ناخالص داخلی سرانه نیروی کار (هزار ریال)	0.0400	0.6023
۸	نرخ بیکاری (منفی)	0.0059	0.1358
۹	شاخص توسعه انسانی ۱۳۸۸	0.0070	0.5873
۱۰	شاخص درآمد سرانه بر حسب برابری قدرت خرید ۱۳۸۸	0.0073	0.6437
۱۱	سهم درصدی محصول ناخالص داخلی بدون نفت	0.1168	0.7175
۱۲	سهم درصدی محصول ناخالص داخلی با نفت	0.1180	0.8166
۱۳	نرخ مشارکت اقتصادی ۱۳۹۲	0.0013	0.2113
۱۴	ارزش صادرات سرانه نیروی کار (هزار ریال)	0.0951	0.6632
۱۵	درصد اشتغال در بخش صنعت	0.0114	0.4998
۱۶	درصد پوشش بیمه جمعیت	0.0151	0.2371
۱۷	تعداد کارگاه‌های صنعتی فعال به کل نیروی کار شاغل	0.0256	0.2408

## ۲-۳- نتایج محاسبه شاخص ترکیبی

پس از انجام محاسبات و طی مراحل به تفکیک هر کدام از روش‌ها مقدار شاخص ترکیبی توسعه اقتصادی استان‌ها محاسبه شد که در جدول (۲-۳) نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که استان تهران و خوزستان به استثنای روش تاپسیس در چهار روش دیگر به ترتیب رتبه اول و دوم را دارا هستند. استان اصفهان در همه پنج روش رتبه سوم را دارا است. استان خراسان رضوی نیز در سه شاخص ترکیبی رتبه چهارم را دارا است. در خصوص روش تاپسیس نیز ملاحظه می‌شود که استان‌های خوزستان، مرکزی و اصفهان به ترتیب سه رتبه اول را دارا هستند. استان البرز در دو روش میانگین وزنی ساده و روش اصلاح شده مولفه اصلی رتبه آخر را دارا است. اطلاعات نه شاخص برای این استان در دسترس قرار نگرفت به همین علت هنگام

محاسبه شاخص ترکیبی و محاسبه مجموع ردیفی بخش زیادی از اطلاعات برای این استان از دست رفت که این موضوع ضعف دو روش مورد نظر در هنگام فقدان اطلاعات برای برخی از شاخص‌ها را نشان می‌دهد. در واقع در دو روش مذکور اطلاعات ۸ شاخص را برای محاسبه شاخص ترکیبی استان البرز لحاظ می‌کند به همین علت شاخص ترکیبی این استان در مقایسه با سایر استان‌ها که شاخص ترکیبی آنها از تجمیع ۱۷ شاخص به دست می‌آید مقدار کمتری را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین مشاهده می‌شود که در سایر روش‌ها استان‌های خراسان جنوبی، شمالی، سیستان و بلوچستان، لرستان، اردبیل و چهارمحال بختیاری نیز بر اساس نتایج تعدادی از شاخص‌های ترکیبی رتبه‌های آخر را دارا هستند. این نتایج بیانگر سطح پایین توسعه اقتصادی در این استان‌ها است.

جدول (۳) محاسبه شاخص ترکیبی توسعه استان‌های ایران

انحراف از بهینه اصلاحی		تاکسونومی		مولفه اصلی اصلاحی		تاپسیس		میانگین وزنی ساده		روش‌ها استان‌ها
رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	
8	0.572	11	0.794	10	9.26	14	0.067	10	0.206	آذربایجان شرقی
19	0.672	28	0.908	20	6.12	21	0.043	18	0.142	آذربایجان غربی
31	0.720	30	0.921	29	4.67	26	0.008	28	0.100	اردبیل
3	0.408	3	0.679	3	15.14	3	0.504	3	0.359	اصفهان
7	0.556	4	0.690	31	3.24	24	0.018	31	0.071	البرز
22	0.682	26	0.891	22	6.04	17	0.046	21	0.133	ایلام
5	0.492	5	0.693	5	12.00	7	0.249	7	0.248	بوشهر
1	0.125	1	0.502	1	32.96	6	0.371	1	0.707	تهران

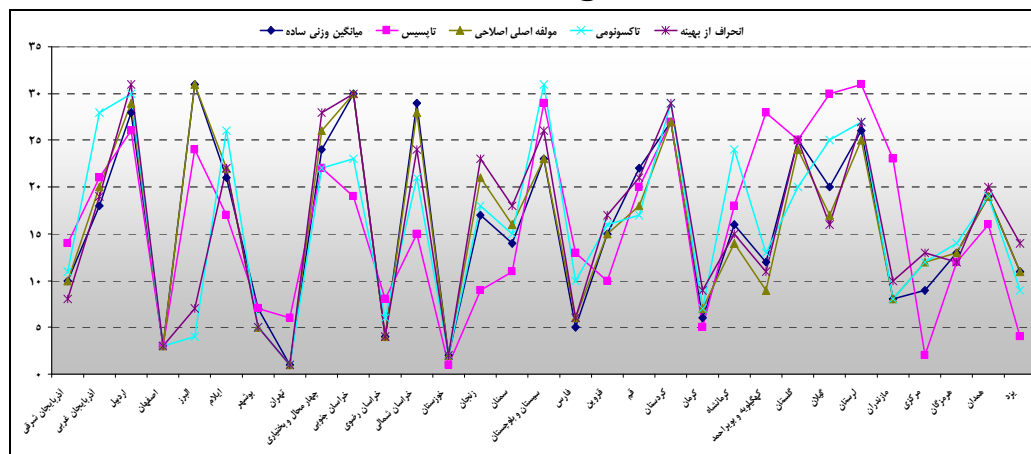
28	0.704	22	0.856	26	5.46	22	0.033	24	0.122	چهار محال و بختیاری
30	0.707	23	0.861	30	4.34	19	0.045	30	0.093	خراسان جنوبی
4	0.487	6	0.733	4	12.15	8	0.198	4	0.286	خراسان رضوی
24	0.689	21	0.856	28	4.85	15	0.059	29	0.097	خراسان شمالی
2	0.277	2	0.580	2	23.72	1	0.989	2	0.594	خوزستان
23	0.686	18	0.843	21	6.04	9	0.156	17	0.143	زنجان
18	0.669	15	0.811	16	6.72	11	0.112	14	0.156	سمنان
26	0.692	31	0.935	23	5.74	29	0.002	23	0.122	سیستان و بلوچستان
6	0.533	10	0.772	6	10.76	13	0.076	5	0.257	فارس
17	0.659	16	0.832	15	6.75	10	0.143	15	0.156	قزوین
21	0.676	17	0.840	18	6.33	20	0.045	22	0.131	قم
29	0.706	29	0.912	27	5.06	27	0.007	27	0.107	کردستان
9	0.579	7	0.744	7	9.76	5	0.414	6	0.249	کرمان
15	0.650	24	0.863	14	6.86	18	0.046	16	0.149	کرمانشاه
11	0.612	13	0.803	9	9.27	28	0.003	12	0.191	کهگیلویه و بویراحمد
25	0.689	20	0.851	24	5.71	25	0.009	25	0.119	گلستان
16	0.655	25	0.863	17	6.49	30	0.001	20	0.133	گیلان
27	0.694	27	0.902	25	5.53	31	0.001	26	0.112	لرستان
10	0.583	8	0.749	8	9.37	23	0.020	8	0.217	مازندران
13	0.618	12	0.794	12	8.45	2	0.580	9	0.209	مرکزی
12	0.616	14	0.803	13	7.99	12	0.094	13	0.179	هرمزگان
20	0.672	19	0.849	19	6.21	16	0.047	19	0.136	همدان
14	0.619	9	0.768	11	8.59	4	0.432	11	0.204	یزد

روش تاپسیس دارا است و به همین علت ضریب تغییرات آن نیز بیشتر شده است. برای مثال ملاحظه می‌شود که استان مرکزی به روش تاپسیس رتبه دوم را

با استفاده از اطلاعات شکل (۱) جایگاه و جایجایی رتبه هر کدام از استان‌ها به صورت عین‌تر قابل مشاهده است. مشاهده می‌شود که بیشترین تغییر در رتبه‌ها را

باثبات‌تر است و روند تغییر رتبه برای استان‌ها تقریباً مشابه اتفاق افتاده است.

داشته است اما در مورد سایر روش‌ها رتبه آن به سمت متوسط تمایل دارد. در مورد سایر روش‌ها نتایج



شکل (۱) مقایسه رتبه‌ها به تفکیک پنج شاخص ترکیبی

در روش مولفه‌های اصلی نیز که بردار عامل اول استفاده شده نیز برخی از ویژگی‌های شاخص‌ها اصلی در عامل‌های دیگر بارگذاری می‌شود و در عامل اول نادیده گرفته می‌شود. به منظور کاربرد شاخص اسپیرمن-شانون برای مقایسه روش‌ها، مقدار این شاخص برای هر پنج روش مورد استفاده محاسبه شد. مشاهده می‌شود که شاخص به دست آمده از روش تاپسیس کمترین مقدار را دارا است، در حالی که شاخص تاکسونومی و شاخص انحراف از بهینه بیشترین مقدار را دارند. در این دو روش میزان محاسبات برای رسیدن به شاخص ترکیبی نهایی بیشتر است به همین علت میزان از دست رفتن اطلاعات نیز بالاتر است. بنابراین شاخص تاپسیس کمترین میزان از دست رفتن اطلاعات را در بین روش‌های مورد استفاده در این تحقیق داشته است. با وجود این در این تحقیق

جدول (۴) رابطه همبستگی بین پنج روش به کار برده شده برای ساخت شاخص ترکیبی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که شاخص ترکیبی به دست آمده از پنج روش با همدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی دارند که این موضوع بیانگر همراستا بودن نتایج پنج روش مورد نظر است. در این بین فقط همبستگی شاخص ترکیبی روش تاپسیس با سایر روش‌ها کمتر است. به علاوه ضریب تغییرات شاخص ترکیبی حاصل از تاپسیس نیز بالاترین است که در مقایسه با متوسط ضریب تغییرات شاخص‌های اصلی یعنی  $0/739$  بالاتر است. همچنین در روش‌های تاکسونومی و انحراف از بهینه نیز ضریب اختلاف از مقدار اولیه به میزان زیادی کمتر است. این موضوع بیانگر این است که در فرآیند رفع اختلاف مقیاس به روش استاندارد کردن بسیار از خصوصیات شاخص‌های اصلی از بین می‌رود. همچنین

نمی‌توان در مورد مناسب‌ترین روش قضاوت کرد، زیرا نتایج آن حاصل از ماتریسی است که بیشتر شاخص‌های آن اقتصادی است و یک مجموعه جامعه از شاخص‌های توسعه به کار برده نشده است.

جدول (۴) محاسبه ضریب همبستگی، ضریب تغییرات و شاخص اسپیرمن-شانون

انحراف از بهینه اصلاحی	تاکسونومی	مولفه اصلی اصلاح شده	تاپسیس	میانگین وزنی ساده	
۰/۸۴۶**	۰/۷۵۱**	۰/۹۸۳**	۰/۷۲۲**	-	میانگین وزنی ساده
۰/۶۰۶**	۰/۶۹۹**	۰/۶۵۶**	-		تاپسیس
۰/۸۶۵**	۰/۷۵۲**	-			مولفه اصلی اصلاح شده
۰/۸۹۲**	-				تاکسونومی
-					انحراف از بهینه اصلاحی
۰/۲۱۹	۰/۱۲۳	۰/۶۸۰	۰/۹۳۲	۰/۶۹۶	ضریب تغییرات
۰/۲۴۲۱	۰/۲۴۹۴	۰/۲۲۴۷	۰/۰۸۹۷	۰/۱۹۴۰	شاخص اسپیرمن-شانون

### ۳-۳- طبقه‌بندی سطح توسعه

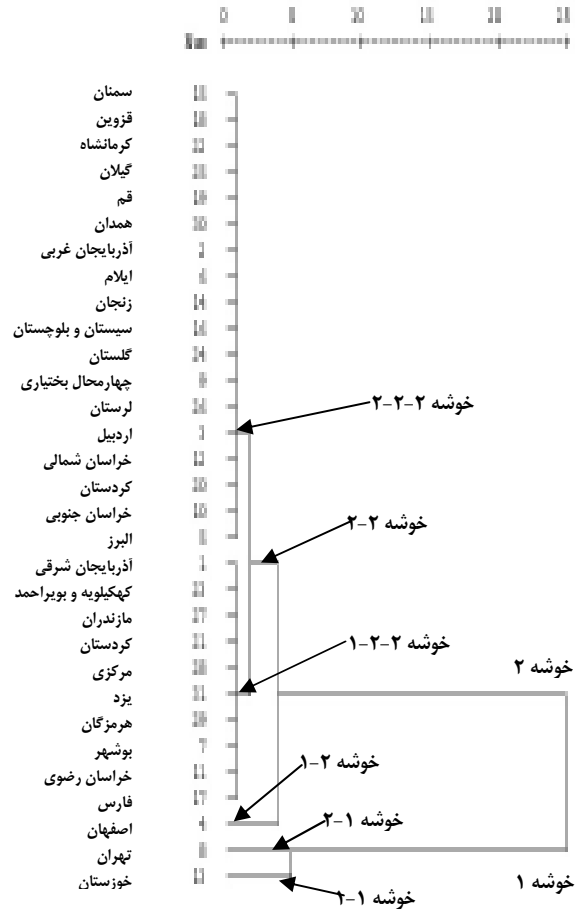
۵ از همدیگر تفکیک شده‌اند. خوشه دوم نیز خود به دو زیر خوشه اصلی تقسیم شده است که در یک خوشه استان اصفهان (خوشه ۱-۲) و در خوشه دیگر سایر استان‌ها (خوشه ۲-۲) قرار دارند. در نهایت خوشه (۲-۲) خود به دو زیرخوشه تقسیم شده است که استان‌هایی که از سطح توسعه‌یافتگی پایینی برخوردار هستند در آن قرار گرفته‌اند. در زیرخوشه (۲-۲-۱) ۱۰ استان و در زیرخوشه (۲-۲-۲) نیز ۱۸ استان قرار دارند. این نتایج بیانگر شکاف توسعه اقتصادی بین استان‌های ایران است.

نتیجه تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی در قالب نمودار تشکیل دسته‌ها جهت طبقه‌بندی سطح توسعه استان‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است. در این نمودار، از فاصله بین دسته‌های ادغام شده استفاده شد که دامنه آن ۲۵ است. به طور کلی، طول شاخه‌ها در هر خوشه بازتاب تفاوت و فاصله بین خوشه‌ها است. مشاهده می‌شود که دو خوشه اصلی تشکیل شده که در یک خوشه استان‌های تهران و خوزستان (خوشه ۱) و در خوشه دیگر (خوشه ۲) سایر استان‌ها قرار دارند. خوشه ۱ که دارای بالاترین سطح توسعه‌یافتگی است، خود دارای ۲ زیر خوشه اصلی است که یکی از آنها استان تهران (خوشه ۱-۱) و در خوشه دیگر استان خوزستان (خوشه ۱-۲) قرار گرفته است که در فاصل

به دست آمده از روش‌های مختلف از جمله ضریب تغییرات، ضریب همبستگی، شدت تغییرات رتبه، درصد تغییر نتایج در تحقیقات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (بدری و اکبریان، ۱۳۸۵؛ سلیمی‌فر و همکاران، ۱۳۸۸؛ پوراصغر و همکاران، ۱۳۹۲؛ تقوی و شیخ‌بیگلو، ۱۳۹۲) اما تمرکز کمتری بر کارآمدی روش‌ها در حفظ اطلاعات اصلی شاخص‌ها وجود داشته است.

بنابراین در این تحقیق با تمرکز بر موضوع جلوگیری از کاهش و گم شدن اطلاعات در فرآیند ساخت شاخص ترکیبی با استفاده از اطلاعات ۱۷ شاخص توسعه اقتصادی روش‌های میانگین ساده وزنی، تاپسیس، روش اصلاح شده تحلیل مولفه‌های اصلی، تاکسونومی و روش اصلاح شده انحراف از مقدار بهینه را برای ارزیابی سطح توسعه منطقه‌ای استان‌های ایران به کار گرفت. وزن‌ها به دو روش آنتروپی شانون و مولفه‌های اصلی محاسبه شد و بعد از رفع اختلاف مقیاس شاخص‌ها به روش‌های نرخ خطی و تقسیم بر میانگین، شاخص ترکیبی به تفکیک پنج روش محاسبه شد. همچنین برای مقایسه این روش‌ها معیار اسپیرمن-شانون<sup>۲۵</sup> را که اثربخشی آن در مقایسه روش‌های MCDA برای ساخت شاخص ترکیبی تأیید شده است مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج تجربی به دست آمده نشان داد که روش‌های مختلفی تجمیع و ساخت شاخص ترکیبی نتایج متفاوتی در پی دارند و به تبع آن رتبه‌بندی نیز مشابه نخواهد شد. در تحقیقات پیشین نیز نتایج مشابهی گزارش شده



شکل (۲) نتایج تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی سطح توسعه استان‌ها

#### ۴- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر طیف زیادی از روش‌های ساخت شاخص ترکیبی توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته است. اما مشکلی که همواره وجود داشته است، تعیین مناسب‌ترین و کارآمدترین روش‌ها برای ساخت شاخص ترکیبی بود است. این تحقیق نیز با هدف تحلیل مقایسه‌ای روش‌های تجمیع شاخص‌ها برای ساخت شاخص ترکیبی توسعه منطقه‌ای اجرا شد. هر چند معیارهای مهمی برای مقایسه شاخص‌های ترکیبی



است (پوراصغر و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین در روش‌های تاکسونومی و انحراف از بهینه نیز ضریب اختلاف از مقدار اولیه به میزان زیادی کمتر بود. این موضوع بیانگر این است که در فرآیند رفع اختلاف مقیاس به روش استاندارد کردن بسیار از خصوصیات شاخص‌های اصلی از بین می‌رود. همچنین در روش مولفه‌های اصلی نیز که بردار عامل اول استفاده شده نیز برخی از ویژگی‌های شاخص‌ها اصلی در عامل‌های دیگر بارگذاری می‌شود که در عامل اول نادیده گرفته می‌شوند و به همین علت ضریب تغییرات آن از مقادیر اصلی متفاوت است. در تحقیق بدری و اکبری‌ان، ۱۳۸۵ روش پتانسیل به علت برابر بودن ضریب اختلاف آن با مقادیر اولیه توصیه شده است.

شاخص اسپیرمن-شانون نیز برای مقایسه روش‌ها محاسبه شد که نتایج نشان داد مقدار آن برای شاخص به دست آمده از روش تاپسیس کمترین است، در حالی که شاخص تاکسونومی و شاخص انحراف از بهینه بیشترین مقدار را داشتند. در این دو روش میزان محاسبات برای رسیدن به شاخص ترکیبی نهایی بیشتر است به همین علت میزان از دست رفتن اطلاعات نیز بالاتر است. بنابراین شاخص تاپسیس کمترین میزان از دست رفتن اطلاعات را در بین روش‌های مورد استفاده در این تحقیق داشته است که این نتایج همراستا با برخی تحقیقات پیشین نیز می‌باشد (Zhou and Ang, 2009). با وجود این در این تحقیق نمی‌توان در مورد مناسب‌ترین روش قضاوت کرد، زیرا نتایج آن حاصل از ماتریسی است که بیشتر شاخص‌های آن اقتصادی

است (بدری و اکبری‌ان، ۱۳۸۵؛ Zhou and Ang, 2009). در این تحقیق علی‌رغم برخی تفاوت‌ها استان‌های تهران، خوزستان، اصفهان و خراسان رضوی در بیشتر روش‌های مورد محاسبه رتبه‌های بالاتری داشتند و استان‌های خراسان جنوبی، شمالی، سیستان و بلوچستان، لرستان، اردبیل و چهارمحال بختیاری نیز بر اساس نتایج تعدادی از شاخص‌های ترکیبی رتبه‌های آخر را دارا هستند. از طرفی نتایج نشان داد که روش تاپسیس همخوانی کمتری با سایر روش‌ها داشت و رتبه‌های متفاوتی نیز ایجاد کرد. به طوری که بیشترین تغییر در رتبه‌ها را روش تاپسیس دارا بود ضریب تغییرات شاخص ترکیبی آن بیشتر از سایر روش‌ها بود. در روش تاپسیس استان‌های خوزستان، مرکزی، اصفهان و یزد بالاترین را داشتند که با سایر روش‌ها اندکی متفاوت بود. همچنین نتایج نشان داد که در هنگام فقدان اطلاعات برای برخی شاخص‌ها روش‌های میانگین وزنی ساده و روش تحلیل مولفه‌های اصلی نتایج رتبه‌بندی منطقی را ارائه نمی‌کنند. در این روش‌ها استان البرز کمترین رتبه را دارا بود که به علت فقدان اطلاعات برای برخی شاخص‌های مهم بود.

به علاوه نتایج نشان داد که شاخص ترکیبی به دست آمده از روش تاپسیس همبستگی کمتری با سایر روش‌ها داشت که و با توجه به بیشتر بودن ضریب تغییرات آن نسبت به سایر روش‌ها، بیانگر متفاوت بودن نتایج رتبه‌بندی حاصل از این روش است. در تحقیقات پیشین بیشتر محققان همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی را برای روش‌های مورد استفاده گزارش کرده‌اند که با برخی از نتایج این تحقیق نیز همراستا

مقایسه (افزایش و کاهش) بررسی و ارزیابی شود. همچنین باید توجه داشت که تفاوت رتبه‌بندی استان‌ها ناشی از ماهیت شاخص‌ها (اجتماعی، اقتصادی، خدماتی، آموزشی و ...)، سال مورد مقایسه و همچنین شیوه‌های محاسبه شاخص ترکیبی نهایی (شیوه رفع اختلاف مقیاس، وزن‌دهی و تجمیع) است. بنابراین نتایج هر روش مکمل روش دیگر است و استفاده همزمان و مقایسه نتایج آنها، آنها اغلب راهنمای بهتری برای ارزیابی سطوح توسعه‌یافتگی منطقه‌ای است.

#### منابع

اصغرپور، م. ج. ۱۳۸۳. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران.

بدری، س. ع.، اکبریان رونیزی، س. ر. ۱۳۸۵. مطالعه تطبیقی کاربرد روش‌های سنجش توسعه یافتگی در مطالعات ناحیه‌ای، جغرافیا و توسعه، ۴: ۲۲-۵.

پوراصغر سنگاچین، ف.، صالحی، ا.، دیناروندی، م. ۱۳۹۲. مقایسه روش‌های سنجش توسعه پایدار منطقه‌ای با استفاده از شاخص‌های ترکیبی (مطالعه موردی: استان‌های کشور ایران). پژوهش‌های محیط‌زیست، ۴ (۷): ۵۸-۴۵.

پورطاهری، م.، سجاسی قیداری، ح.، صادقلو، ط. ۱۳۹۰. ارزیابی تطبیقی روش‌های رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی (مطالعه موردی: استان زنجان). پژوهش‌های روستایی، ۲ (۳): ۵۴-۳۱.

تقوایی، م.، شیخ بیگلو، ر. ۱۳۹۲. ابداع و معرفی مدل RALSPI: مدلی جدید جهت ارزیابی گزینه‌ها و

است و یک مجموعه جامعه از شاخص‌های توسعه به کار برده نشده است.

نتایج تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی به منظور سطح‌بندی استان‌ها بر مبنای پنج شاخص ترکیبی محاسبه شده نیز سطوح متفاوت توسعه‌یافتگی استان‌های ایران را آشکار کرد. به این ترتیب شش زیرخوشه تشکیل شد که به ترتیب شامل استان تهران (خوشه ۱-۱)، خوزستان (خوشه ۲-۱)، اصفهان (خوشه ۱-۲) و سایر استان‌ها (خوشه ۲-۲) می‌باشد. در خوشه اخیر نیز دو زیرخوشه (۲-۲-۱) شامل ۱۰ استان زیرخوشه (۲-۲-۲) شامل ۱۸ استان قرار گرفته‌اند که از سطح توسعه‌یافتگی کمتری برخوردار هستند. این نتایج بیانگر شکاف توسعه اقتصادی بین استان‌های ایران است که در تحقیقات مختلف نیز مورد تأکید قرار گرفته است (عبدالله‌زاده و شریف‌زاده، ۱۳۹۱).

هر چند در این تحقیق تلاش شد با ترکیب برخی معیارها مناسب روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گیرد اما نتایج روش‌های مختلف با توجه به تعداد شاخص‌ها و نوع آنها، شیوه وزن‌دهی و رفع اختلاف و مقیاس و همچنین تعداد واحدهای مورد مقایسه متفاوت است. بنابراین لازم است هنگام کاربرد روش‌های کمی مبتنی بر کاهش داده‌ها احتیاط بیشتری کرد و آنها را با واقعیت‌های عینی مناطق نیز تطبیق داد. از طرفی لازم است که شاخص اسپیرمن و شانون در تحقیقات آینده با شاخص‌های بیشتر و متنوع‌تر آزمون شود. به ویژه در تحقیقات آینده لازم است حساسیت آن را در هنگام تغییر تعداد واحدهای مورد

- Bellows, B. 1994. SANREM Research Report No.1-95, Proceedings of the Indicators of Sustainability Conference and Workshop. Washington State University, Arlington Virginia, USA.
- Bhatia, V. K., Rai, S. C. 2004. Evaluation of Socio-economic Development in Small Areas. Indian Society of Agricultural Statistics, IASRI Campus, Library Avenue, Pusa, New Delhi : 110-112.
- Deichmann, U. 1999. Geographical aspects of inequality and poverty. Text for the World Bank's Site on Inequality, Poverty and Socio-Economic Performance, [http://www.worldbank.org/poverty/inequal/povmap/].
- Ecologist. 2001. Keeping Score. Ecologist, 31 (3): 44-47.
- Funtowicz, S.O., Munda, G., Paruccini, M. 1990. The aggregation of environmental data using multicriteria methods. *Environmentrics*, 1 (4): 353-366.
- Garcia S. M., Staples, D. J., Chesson, J. 2000. The FAO guidelines for the development and use of indicators for sustainable development of marine capture sheries and an Australian example of their application. *Ocean and Coastal Management*, 43:531-556.
- Granados, A. J., Peterson, P. J. 1999. Hazardous waste indicators for national decision makers. *Journal of Environmental Management*, 55 (4): 249-263.
- Guitouni, A., Martel, J. M. 1998. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research*, 109: 501-521.
- Henninger, N. 1998. Mapping and Geographical Analysis of Poverty and Human Welfare, review and assessment. Report prepared for the UNEP/CGIAR Initiative on GIS, World Resources Institute, Washington, DC [http://www.povertymap.net/pub.htm].
- Hua-jiao, Q., Wan-bin, Z., Hai-bin, W., Xu, C. 2007. Analysis and Design of Agricultural Sustainability Indicators System. *Agricultural Sciences in China*, 6 (4): 475-486.
- سنجش سطح توسعه سکونتگاه‌ها. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۴ (۱۶): ۱-۲۲.
- سلیمی فر، م.، نوروزی، ر.، مطهری، م. ۱۳۸۸. سنجش توسعه صنعتی و توسعه منطقه‌ای استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و شمالی. پژوهش‌های اقتصادی، ۹ (۴): ۱۹۶-۱۷۵.
- صادقی شاهدانی، م.، زاهدی وفا، م. ه.، قائمی اصل، م. ۱۳۹۱. شاخص‌سازی ترکیبی توسعه انسانی مبتنی بر آموزه‌های تمدن اسلامی و به کارگیری آن در ارزیابی جایگاه جمهوری اسلامی ایران. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۲ (۸): ۱۱۴-۹۵.
- عبدالله‌زاده، غ.، شریف‌زاده، ا. ۱۳۹۱. سطح‌بندی توسعه منطقه‌ای در ایران (کاربرد رهیافت شاخص ترکیبی). مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۴ (۱۳): ۶۲-۴۱.
- عربیون، ا.، عبدالله‌زاده، غ. ۱۳۹۱. مقدمه‌ای بر توسعه پایدار کشاورزی. انتشارات قصار.
- کلانتری، خ. ۱۳۸۰. برنامه‌ریزی توسعه منطقه‌ای، تئوری‌ها و تکنیک‌ها. انتشارات خوشبین. تهران.
- لطفی، ص.، شعبانی، م. ۱۳۹۲. ارائه مدلی تلفیقی جهت رتبه‌بندی توسعه منطقه‌ای مطالعه موردی، بخش بهداشت و درمان استان مازندران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، ۱۳ (۲۸): ۳۰-۷.
- Antony, G. M., Rao, K. W. 2007. A composite index to explain variations in poverty, health, nutritional status and standard of living: Use of multivariate statistical methods. *Public Health*, 121: 578-587.

- Rosen R. 1991. *Life Itself: A Comprehensive Inquiry into Nature, Origin, and Fabrication of Life*. Columbia University Press.
- Saisana M., Tarantola S. 2002. State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development, EUR 20408 EN, European Commission-JRC: Italy.
- Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S. 2005. Uncertainty and sensitivity analysis techniques as tools for the quality assessment of composite indicators. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 168: 307-323.
- Sharpe, A. 2004. *Literature Review of Frameworks for Macro-indicators*, Centre for the Study of Living Standards, Ottawa, CAN.
- UNDP. 1999. *Human Development Report 1999*. Oxford University Press, New York.
- Zhou, P., Ang, B. W. 2009. Comparing MCDA Aggregation Methods in Constructing Composite Indicators Using the Shannon-Spearman Measure. *Social Indicator Research*, 94 (1): 83-96.
- Zhou, P., Ang, B.W., Poh, K.L. 2007. A mathematical programming approach to constructing composite indicators. *Ecological Economics*, 62: 291-297.
- Krajnc, D., Glavic, P. 2005. A model for integrated assessment of sustainable development. *Resources, Conservation and Recycling*, 43: 189-208.
- Miron, D., Alina, M. D., Simona, R. 2009. Index of Regional Economic Growth in Post-Accession Romania. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 9 (3): 12-124.
- Munda, G., Saisana, M. 2010. Methodological considerations on regional sustainability assessment based on multicriteria and sensitivity analysis. *Regional Studies*, 45 (2): 261-276.
- Nardo, M., Paisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., Giovannini, E. 2005. *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user Guide*. OECD Statistics Working Paper 2005/3, OECD Statistics Directorate.
- OECD, 2002. *OECD Guidelines for Multinational Enterprises*. Annual Report.
- Olson, D. L. 2001. Comparison of three multicriteria methods to predict known outcomes. *European Journal of Operational Research*, 130 : 576-587.
- Perini, A., Ricca, F., Susi, A. 2009. Tool-supported requirements prioritization: Comparing the AHP and CBRank methods. *Information and Software Technology*, 51: 1021-1032.
- Ravallion, M. 1996. Issues in measuring and modeling poverty. *The Economic Journal*, 106 : 1328-1343.