فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال سیزدهم/ شماره ۴۴ /تابستان ۱۳۹۷

تست و اعتبارسنجی روش مدلسازی گروهی با مدل مرجع

علی حاجی غلام سریزدی (نویسنده مسؤول)
دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
Email: A.hajigholam@modares.ac.ir
منوچهر منطقی
استاد، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه مالک اشتر، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۸ * تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۵

چکیده

در سال‌های اخیر در جامعه پویایی‌شناسی سیستم‌ها توجه به رویکردهای پویایی شناسی سیستم‌های کیفی افزایش یافته است. یکی از روش‌های استخراج مدل‌های پویایی شناسی سیستم‌ها که در رویکردهای کیفی نیز استفاده فراوانی از آن شده است روش مدلسازی گروهی است که در آن مشتریان و صاحب نظران در فرایند مدلسازی مشارکت داده شده و مبتنی بر مدل‌های ذهنی افراد مشارکت کننده به استخراج متغیرها و ساختارهای کلیدی و نهفته در سیستم می‌پردازند. در این میان بررسی و مقایسه مدل‌های حاصل از جلسات گروهی با مدل‌های مرجع حاصل از ادبیات موضوع می‌تواند روشی برای تست و ارزیابی مدل گروهی باشد و بینش های جدیدی را ایجاد کند. در این مقاله به ارزیابی و مقایسه مدل‌های استخراج شده از جلسات مدلسازی گروهی پروژه "طراحی پارک فناوری هوایی" با مدل مرجع حاصل از مطالعات ادبیات موضوع؛ با استفاده از رویکرد نسبت فاصله در سه سطح عناصر، سطح حلقه‌های علت و معلولی و سطح مدل کامل به منظور اعتبار سنجی مدل حاصل از مدلسازی گروهی می‌پردازیم. همانطور که از نتایج حاصل از رویکرد نسبت فاصله مشخص شد مقدار MDR= ۶/۸۴ بود که بیانگر این است که مدل حاصل از مدلسازی گروهی با مدل مرجع مطابق و همانند بودند. مقادیر EDR و LDR نیز بیانگر تشابه مدل در سطح عناصر و حلقه‌ها بودند. در نتیجه می‌توان گفت مدل حاصل از مدلسازی گروهی دارای اعتبار و با مطالعات ادبیات موضوع و مدل حاصل از آن تطابق دارد.

کلمات کلیدی: مدلسازی گروهی، رویکرد پویایی شناسی سیستم‌های کیفی، مدل مرجع، اعتبارسنجی مدل، رویکرد نسبت فاصله.

۱- مقدمه

یک مدل ذهنی[1] بیانگر تصویر خلاصه ایی از یک موقعیت، سیستم یا مسئله در ذهن یک فرد می باشد (Forrester, 1961; 1992). مدل‌های ذهنی منعکس کننده عقاید، ارزش ها و پیش فرض هایی هستند که کارها و فعالیت های خود را مبتنی بر آنها انجام می دهیم (Manni & Cavana, 2007: 15) و اساس استدلال ما را تشکیل می دهند (Johnson-Laird, 1999; 2001). دویل و فورد مدل ذهنی سیستم های پویا[2] را " یک نمایش مفهومی نسبتا با دوام و در دسترس اما محدود از یک سیستم خارجی که ساختارش به ساختار درک شده از آن سیستم شبیه است" تعریف کرده اند (Doyle & Ford, 1999:141).

متخصصان پویایی شناسی سیستم‌ها از ابتدای شکل گیری این رویکرد به اهمیت درگیر کردن مشتریان در فرایند مدلسازی اشاره داشته اند (Forrester, 1961; Roberts, 1978; Weil, 1980; Meadows & Robinson, 1985). چراکه برای بکارگیری نتایج مدل‌های پویایی شناسی سیستم‌ها نیاز به مشارکت ذینفعان و مشتریان در فرایند مدلسازی است. مدلسازان پویایی شناسی سیستم‌ها روش های مختلفی را برای درگیر کردن مشتریان در فرایند مدلسازی طراحی کرده اند. بعضی از این رویکردها شامل مدلسازی گروهی[3]، مدلسازی تعاملی، محیط های یادگیرنده کامپیوتری، فروم های استراتژیک[4] می باشند.

یکی از این روش‌هایی که بطور گسترده مورد استفاده مدلسازان پویایی شناسی سیستم‌ها قرار گرفته است رویکرد مدلسازی گروهی می باشد که به استخراج مدل‌های ذهنی مشارکت کنندگان در جلسات مدلسازی می پردازد (Hosseinichimeh et. al, 2017).

یکی از دغدغه های مدلسازان پویایی شناسی سیستم‌ها اعتبارسنجی مدل‌ها می باشد (Tsioptsias, Tako, & Robinson, 2016) که این امر در مدل‌های حاصل از مدلسازی گروهی بیشتر می باشد. شواهد نشان می دهد دقت و صحت مدل‌ها و اجرا راه حل های اتخاذ شده، عملکرد سیستم ها را تعدیل کرده و بهبود می بخشد (Capelo & Dias, 2009; Jonson & O'Connor, 2008). در این میان اعتبارسنجی مدل‌های مفهومی و پویایی شناسی سیستم‌های کیفی ضرورت بیشتری دارد هر چند رویکردهای کمی مانند رویکرد نسبت فاصله[5] (Markoczy & Goldberg, 1995; Schaffernicht & Groesser, 2011)، رویکرد نسبت نزدیکی[6] (Schvaneveldt, 1990) برای آن وجود دارد. با اینکه این رویکردها بینش ها و نتایج قابل ملاحظه ایی را ایجاد کرده اند اما عناصری چون روابط علّی با تاخیر، حلقه های علت و معلولی و قطبیت حلقه ها را بررسی نکرده اند.

هدف این مقاله استفاده از روشی جامع برای مقایسه و اعتبارسنجی مدل‌های حاصل از مدلسازی گروهی با مدل‌های مرجع و مبتنی بر عناصر تشکیل دهنده مدل‌های علّی می باشد. این روش به ما در درک تفاوت های مدل ذهنی با مدل مرجع در سه سطح عناصر (نسبت فاصله عنصر[7])، سطح حلقه های علّی منفرد (نسبت فاصله حلقه[8]) و سطح مدل کامل (نسبت فاصله مدل[9]) کمک می کند.

در این مقاله ما به مقایسه و اعتبار سنجی مدل‌های حاصل از جلسات مدلسازی گروهی در پروژه "طراحی پارک فناوری هوایی با استفاده از رویکرد پویایی شناسی سیستم‌ها" با مدل مرجع پرداخته ایم. هدف این پروژه ساخت مدل علت و معلولی (مدلسازی پویایی شناسی سیستم‌های کیفی) توسط ذینفعان پارک فناوری هوایی برای استخراج استراتژی های کلان برای پارک بود (Haji Gholam Saryazdi, 2013).

---

[1] Mental model
[2] Mental Model of a Dynamic System (MMDS)
[3] Group Model Building(GMB)
[4] Interactive Model Building(IMB), Computer-based learning environments, Strategic forum
[5] The distance ratio approach
[6] The closeness ratio approach
[7] Element Distance Ratio(EDR)
[8] Loop Distance Ratio(LDR)
[9] Model Distance Ratio(MDR)

در ادامه ما در قسمت ۲ به تعریف رویکرد مدلسازی گروهی در پویایی شناسی سیستم‌ها پرداخته و سپس به مرور ادبیات موضوع درباره اندازه گیری و مقایسه مدل‌ها پرداخته و سپس به معرفی روش نسبت فاصله می پردازیم. در قسمت بعدی به توصیف مختصری از پروژه مورد نظر می پردازیم. در قسمت بعد روش نسبت فاصله برای مقایسه دو مدل را بکار می بریم. و در قسمت آخر به ارائه نتایج و بحث پیرامون آن می پردازیم و نهایتا به نتیجه گیری از بحث می پردازیم.

۲- روش شناسی پژوهش

رویکرد پویایی شناسی سیستم‌ها[10] روش و متدلوژی برای مطالعه و مدیریت سیستم های پیچیده و دارای بازخورد است. این سیستم ها می توانند در حوزه های مختلفی مثل کسب و کار، اقتصاد، محیط زیست، مدیریت انرژی، مسائل شهری و سایر حوزه های اجتماعی و انسانی وجود داشته باشند (Manteghi, Haji Gholam Saryazdi, Zare Mehrjardi, 2013).

گام های مدلسازی پویایی شناسی سیستم‌ها معمولا شامل ساختاردهی مساله، مدل کردن حلقه های علت و معلولی، مدل سازی پویا، مدل سازی و برنامه ریزی سناریو و پیاده سازی و یادگیری سازمانی می باشد (Haji Gholam Saryazdi & Ghavidel, 2018; Mashayekhi, 2017; Manni & Cavana, 2000).

مفهوم پویایی های سیستمی کیفی[11] در دهه ۱۹۸۰ و بیشتر در نوشته های اریک ولستنهلم، جف کویل و پیتر سنگه ظهور پیدا کرد که به عنوان راهی برای تفکر درباره سیستم ها بدون نیاز به توسعه یک مدل کمی چنانچه در پویایی شناسی سیستم‌های سنتی و متعارف مورد نیاز است شناخته شد. به عبارت دیگر رویکرد پویایی شناسی سیستم‌های کیفی رویکردی است که تا مرحله مفهوم سازی و ساخت مدل علت و معلولی را در بر می گیرد. در این رویکرد ما به ساخت مدل شبیه سازی و کمی کردن مدل نمی پردازیم (Haji Gholam Saryazdi, 2013; Forrest, 2010).

مدلسازی گروهی اشاره به فرایند مدلسازی پویایی شناسی سیستم‌ها با درگیر کردن مشتریان[12] بصورت عمیق در فرایند ساخت مدل دارد. به عبارت دیگر مدلسازی گروهی متدی است که بر پایه روش‌های تفکر سیستمی از طریق درگیر کردن ذینفعان توسط برقراری جلسات متعدد، به دنبال یافتن فاکتورها، عوامل اصلی و تاثیر گذار در بررسی سیستم های پیچیده آمیخته با سطوح عمیقی از عدم اطمینان ها و ابهامات است (Elias, 2008). ونیکس (۱۹۹۶) مدلسازی گروهی را به عنوان فرایندی که اعضا تیم به مبادله و مباحثه ادراکات خود از یک مسئله می پردازند معرفی می کند (Vennix, 1996).

مسئله مورد مطالعه می تواند به خوبی و با وضوح تعریف شده باشد و یا اینکه مسئله ناقص و یا آشفته و درهم و برهم[13] باشد (Vennix, 1996; Haji Gholam Saryazdi & et al., 2017). موقعیت یا مسئله آشفته زمانی رخ می دهد که موقعیت: شامل ذینفعان چندگانه (Zagonel & Rohrbaugh, 2008)، وجود اهداف و نظرات متفاوت بین ذینفعان (Halbe, 2010; Vennix, 1999)، موضوعات اغفال کننده[14] و عدم اطمینان درباره نتایج سیاست های درنظر گرفته شده (Ackoff, 1974)، یا در رابطه با مسائلی که بر رفتار کل سیستم موثر است (Zagonel & Rohrbaugh, 200) باشد (Haji Gholam Saryazdi & et al., 2019).

اداره این وضعیت های آشفته مشکل است بدلیل اینکه کارهای تئوری کمی در رابطه با روشن شدن این سوال که چرا این وضعیت وجود داشته و چرا برای تیم مدیریت رسیدن به توافق دشوار است وجود دارد (Vennix, 1999).

متخصصان پویایی شناسی سیستم‌ها به دلایل زیر مشتریان (گروه ها) را در فرایند مدلسازی مشارکت می دهند:

۱- روشن شدن مسائل آشفته (Coyle, 1999).
۲- کسب دانش مورد نیاز از مدل‌های ذهنی گروه مشتری (Forrester, 1961; 1987) و همچنین بکارگیری حافظه گروهی مشتریان در جلسات مدلسازی (Vennix, 1996).
۳- افزایش شانس پیاده سازی و اجرا نتایج مدل (Roberts, 1978; Weil, 1980).

---

[10] System Dynamics
[11] Qualitative System Dynamics (QSD)
[12] Client
[13] Ill-defined or Messy problem
[14] Elusive

۴- تقویت فرایند یادگیری مشتریان (Greenberger et al., 1976; De Geus, 1988; Lane, 1989; Morecroft, 1992; Morecroft, Sterman,1992) و بهبود مدل ذهنی و نهایتا کمک به مشارکت کنندگان برای کسب بینش و بصیرت بیشتر درباره ساختار و رفتار یک سیستم (Andersen, Richardson, & Vennix, 1997).

۵- تقویت تحلیل و بحث گروهی (Wolstenholme, 1982; 1990; 1999; Lane, 1993; Vennix, Scheper & Willems, 1993).

۶- شناسایی حلقه های بازخوردی و درک رفتار بالقوه سیستم (Coyle, 1999).

نهایتا می توان گفت مدلسازی گروهی روشی کارا و موثر برای دستیابی به مدل‌های ذهنی خبرگان در مورد یک مسئله بوده که هم در پویایی شناسی سیستم‌های کیفی برای رسیدن به مدل‌های مفهومی علت و معلولی و هم در پویایی شناسی سیستم‌های کمی تا رسیدن به شبیه سازی مورد استفاده قرار می گیرد.

در مطالعات ادبیات موضوع به بررسی مطالعات پیرامون اندازه گیری و مقایسه مدل‌های ذهنی برای درک عناصر مفهومی یک مدل ذهنی[۱۵] برای مقایسه پرداختیم. همانطور که از جدول ۱ مشخص است در مطالعات دو رویکرد بین موضوعی و درون موضوعی برای مقایسه وجود دارد. مطالعات در رویکرد بین موضوعی[۱۶] درجه شباهت بین مدل‌های موضوعات مختلف را باهم مقایسه و در رویکرد درون موضوعی[۱۷] نسخه‌های مختلف یک مدل از یک موضوع را قبل و بعد از مداخله و اقدام بررسی کرده است. همچنین در بررسی ها دو نوع مطالعه قابل مشاهده است. مطالعاتی که مدل‌ها را براساس یک مدل مفهومی ایده آل از واقعیت مقایسه کرده اند و مطالعات نوع دوم که به مقایسه مدل‌های ذهنی قبل و بعد از مداخلات پرداخته اند.

ما مطالعات خود را بیشتر بر پروژه هایی که از روش مدلسازی گروهی استفاده کرده اند متمرکز کردیم (Andersen et. al, 1997; Richardson & Andersen, 1995; Vennix, 1996). رووت و همکاران (۲۰۰۲) یک متا–آنالیز از ۱۰۷ تحقیقی که بین سال های ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۹ انجام شده بود را انجام دادند که بیانگر مختلف بودن راه‌های ارزیابی نتایج مداخلات مدلسازی گروهی مانند مشاهدات، مصاحبه، و پرسشنامه روی موضوعاتی چون زبان مشترک، تعهد، و تغییرات رفتاری بود (Rouwette et al., 2002). وربرگ (۱۹۹۴) به اثر مدل سازی گروهی بر مدل‌های ذهنی مشارکت کنندگان اشاره کرده است. وی برای اندازه گیری آن به اندازه گیری تعداد مفاهیم، روابط و حلقه های بازخوردی پرداخته است (Verburgh, 1994). تا سال ۲۰۰۹ بیشتر مطالعات تلاشی در جهت بررسی و اندازه گیری اثرات مداخلات روی مدل‌های ذهنی سیستم های پویا نداشته اند و بیشتر مزایای مداخلات بر مدل‌های ذهنی را بصورت کیفی بحث کرده اند (Bosch et al., 2003; Snabe & Grossler, 2006; Weber & Schwaninger, 2002; Woog et al., 2006). تنها فوکینگا و همکاران (۲۰۰۹) به اندازه گیری تغییرات مدل‌های ذهنی افراد بعد از مداخلات پرداخته اند. مطالعه آنها به مقایسه تعداد متغیرها و تعداد حلقه های علت و معلولی می پردازد. نتایج بیانگر تغییر در تعداد متغیرها ناشی از مداخله و عدم تغییر معناداری در تعداد حلقه ها می باشد (Fokkinga et al., 2009).

[15] Conceptual elements of a mental model
[16] The between-subjects approach
[17] The within-subject approach

جدول شماره (۱): مطالعات پیرامون مقایسه مدل‌های ذهنی پویایی شناسی سیستم‌ها

نام نویسنده	رویکرد و طرح تحقیق	عناصر مورد بررسی
Plate (2010)	رویکرد بین موضوعی	
Fokkinga et al. (2009)	رویکرد بین و درون موضوعی	متغیرها، حلقه های بازخوردی
Doyle et al. (1996)	رویکرد درون موضوعی	متغیرها، لینک های علّی، حلقه های بازخوردی، قطبیت
Doyle et al. (2008)	رویکرد درون موضوعی	متغیرها، لینک های علّی، حلقه های بازخوردی، قطبیت، طول مسیر حلقه ها
Verburgh (1994)	رویکرد درون موضوعی	متغیرها، لینک های علّی، حلقه های بازخوردی، قطبیت، طول مسیر، زمان
Gary (2008)	رویکرد بین موضوعی	لینک های علّی، حلقه های بازخوردی، قطبیت، رفتار سیستم
Capelo & Dias (2009)	رویکرد بین موضوعی	لینک های مشترک
Ritchie-Dunham (2002)	رویکرد بین موضوعی	لینک های مشترک
Langfield-Smith & Wirth (1992)	رویکرد بین موضوعی	متغیرها، لینک های علّی، قطبیت
Markoczy & Goldberg (1995)	رویکرد بین موضوعی	متغیرها، لینک های علّی، قطبیت
Langan-Fox et al. (2000, 2001)	رویکرد بین موضوعی	متغیرها، لینک های علّی، قطبیت
Schaffernicht, Groesser (2009, 2011)	رویکرد درون موضوعی	متغیرها، لینک های علّی، قطبیت، تاخیر زمانی، حلقه های علّی

در مطالعات پروژه های غیر از مدلسازی گروهی دویل و همکاران (۱۹۹۶) به مقایسه تعداد متغیرها، تعداد لینک های علّی بین متغیرها و تعداد حلقه های علّی پرداخته اند. دویل و همکاران در سال ۲۰۰۸ مقایسه خود را بر اساس تعداد رویدادها[18]، تعداد لینک ها، تعداد لینک ها در رویداد و متوسط طول مسیرهای علّی تا رسیدن به رویداد اولیه و همچنین تعداد حلقه های علّی انجام دادند. آنها دوری مکانی و زمانی را بوسیله تقسیم ماکزیمم طول مسیر علّی تا رسیدن به رویداد اولیه بر ماکزیمم طول مسیر ممکن محاسبه کردند.

کاپلو و دیاس (۲۰۰۹) و پلات (۲۰۱۰) مدل‌های ذهنی سیستم های پویای مشارکت کنندگان را براساس مدل ایده آل و مدل‌های خبره مقایسه کردند. آنها تعداد لینک های مشترک در هر دو مدل را با استفاده از رویکرد نزدیکی (Ritchie-Dunham, 2002; Rowe & Cooke, 1995; Schvaneveldt, 1992) مقایسه کردند. گری (۲۰۰۸) و مک گاجی و همکاران (۲۰۰۰) و ریتچی–دونهام (۲۰۰۲) لینک های مشترک بین جفت متغیرها را با مدل‌های محاسباتی ایده آل مقایسه کرده اند (Gary, 2008; McGaghie et al., 2000; Ritchie-Dunham, 2002). گری (۲۰۰۸) روابط علّی و قطبیت این روابط و تعداد متغیرهای مدل‌های ذهنی، تعداد حلقه های علّی بین دو متغیر و رفتاری که از ساختار مدل تولید می شود را اندازه گیری کرده است (Gary, 2008).

لانگفیلد – اسمیت و ویرت (۱۹۹۲)، لنگان– فوکس و همکاران (۲۰۰۰،۲۰۰۱) و مارکوزی و گلدبرگ (۱۹۹۵) با بکار گیری رویکرد نسبت فاصله به مقایسه مدل‌های ذهنی براساس تعداد متغیرها، تعداد لینک بین متغیرها و قطبیتشان پرداخته اند (Langfield-Smith & Wirth, 1992; Langan-Fox et al., 2000; 2001; Markoczy & Goldberg, 1995). اسچافرنیچ و گروسر (۲۰۱۱) به بررسی تاخیرات زمانی، حلقه های علّی و قطبیت حلقه ها همانطور که از جدول ۲ مشخص است پرداخته اند. از آنجا که ممکن است تحلیل بر اساس مقایسه متغیرها و لینک ها با تحلیل بر اساس مقایسه حلقه های علّی و همچنین کل مدل متفاوت باشد (Schaffernicht, Groesser, 2009) آنها در سه سطح عناصر، حلقه های علّی و مدل کامل به مقایسه پرداخته اند (جدول ۲).

[18] Events

جدول شماره (۲): سطوح روش نسبت فاصله

سطح توصیف	خصوصیات سیستمی		نسبت فاصله مشخص
عناصر	لینک های علّی	قطبیت	نسبت فاصله عنصر (EDR)
		تاخیر	
	متغیرها		
حلقه علّی	نسبت فاصله عنصر (EDR)		نسبت فاصله حلقه (LDR)
	قطبیت حلقه بازخوردی		
	تاخیر حلقه بازخوردی		
مدل کامل	نسبت فاصله حلقه (LDR)		نسبت فاصله مدل (MDR)
	همه ی حلقه های بازخوردی مدل		

رویکرد نسبت فاصله نقطه خوبی برای توسعه متدی جامع برای مقایسه مدل‌های ذهنی می باشد (Schaffernicht et. al, 2009). این رویکرد توسط لانگفیلد – اسمیت و ویرت (۱۹۹۲)، مارکوزی و گلدبرگ (۱۹۹۵) توسعه داده شده است. در این رویکرد مقایسه براساس متغیرها و لینک های بین دو مدل می باشد. این رویکرد تعداد تفاوت های واقعی بین هر دو مدل را به تعداد تفاوت های بالقوه تقسیم می کند و یک نسبت فاصله که عددی نامنفی است را تولید می کند که بیانگر درجه تفاوت بین مدل‌هاست. دامنه نسبت از ۰ (همه ی متغیرها و لینک ها مشابه هستند پس مدل‌ها یکسان و مشابه اند) تا ۱ (همه ی متغیرها و لینک ها متفاوت بوده و در نتیجه مدل‌ها نیز متفاوتند و اشتراکی ندارند) می باشد. این رویکرد در مطالعات پویایی شناسی سیستم‌ها (Doyle et al., 1996; 2008) و همچنین دیگر تحقیقات (Hine et al. 2005; Markoczy, 1997; 2000) استفاده شده است.

فرض کنید دو مدل A و B برای مقایسه وجود دارند. هر مدل شامل تعدادی متغیر، v و تعدادی لینک های علّی با یک قطبیت، v می باشند. در نتیجه هر مدل شامل ماتریس مجاورتی[19] A و B $(v\times v)$ می باشد که شامل همه‌ی متغیرها می‌باشد. شاخص V_c مجموعه ایی از متغیرهای مشترک در A و B، و v_c تعداد متغیرهای مشترک، v_{uA} تعداد متغیرهای منحصربفرد در A و v_{uB} تعداد متغیرهای منحصربفرد در B می باشد. سطرهای A و B از یک تا v شماره گذاری شده و با اندکس i نشان داده می شود و ستون های A و B از یک تا v شماره گذاری شده و با اندکس j نشان داده می‌شود. هر متغیر بر اساس یک سطر و ستون مشخص می‌شود. لینک‌های مثبت بین متغیرهای موجود در عناصر A و B با عدد مثبت و لینک های منفی با عدد منفی نشان داده می شود. برای مثال اگر در A یک لینک بین متغیر r و c وجود داشته باشد $a_{r,c} \neq [0]$ و اگر رابطه علّی وجود نداشته باشد $a_{r,c} = [0]$ می‌باشد. تعدادی پارامتر برای محاسبه تفاوت ها استفاده شده اند. پارامتر α بیانگر امکان شامل شدن خود– لوپ ها[20] در مدل می باشد ([0]= ممکن، [1]= غیرممکن). یک خود–لوپ موقعی شکل می گیرد که یک متغیر مستقیما برخودش اثر بگذارد. پارامتر β بیانگر محتمل ترین قدرت لینک[21] در جاهایی که قدرت لینک ها متفاوت است می باشد. پارامتر γ به چگونگی تفسیر تفاوت ها بین مجموعه ایی از لینک‌های علّی در دو مدل اشاره دارد. تحلیل گران ممکن است وجود یک لینک در فقط یکی از مدل‌ها را عدم وجود رابطه بدانند. گرچه اگر چنین تفاوتی با معنا در نظر گرفته شود دو احتمال وجود دارد: اول اینکه فردی ممکن است بر این باور باشد که بین دو متغیر لینکی وجود ندارد، و دوم اینکه یک یا هر دو متغیر قسمتی از مدل نیستند. برای مثال اگر A شامل یک لینک از متغیر r به c باشد که در B وجود ندارد، این ممکن است دلیل فردی باشد که بر این عقیده است که رابطه علّی وجود ندارد (حالت اول) یا ممکن است r یا c قسمتی از B نباشند (حالت دوم). پارامتر δ بیانگر مهمتر بودن قطبیت بین دو لینک علّی وقتی لینک های مورد نظر قدرت های متفاوتی دارند. پارامتر ε نشان دهنده تعداد قطبیت ممکن است. فرمول نسبت فاصله مارکوزی و گلدبرگ در معادله ۱ نشان داده شده است.

[19] Adjacency matrix
[20] Self-loops
[21] The highest possible link strength

در معادله ۱ صورت کسر نشان دهنده تعداد تفاوت های وابسته بین دو عنصر A و B می باشد. مخرج کسر بزرگترین احتمال تفاوت ها که می تواند بین A و B وجود داشته باشد را نشان می دهد. مجموع تعداد قطبیت های ممکن، ε، و اهمیت ممکن تفاوت ها در قطبیت ها، δ، در متغیرهای مشترک، v_c ضرب می شوند. دو عبارت شامل پارامتر v_{uA} و v_{uB} به γ' بستگی دارد. اگر متغیرهای متعلق به تنها یک مدل با معنی تلقی شوند γ>[0] و γ'=[1] عبارات مربوط این تفاوت را بیان می کنند وگرنه γ'=[0].

$$DR(A,B)=\frac{\sum_{i=1}^{v}\sum_{j=1}^{v} diff(i,j)}{(\varepsilon\varepsilon+\delta)v_c^2+\gamma'(2v_c(v_{vA}+v_{vB})+v_{vA}^2+v_{vB}^2)-\alpha((\varepsilon\beta+\delta)p_c+\gamma'(v_{vA}+v_{vB}))}$$

$$diff(i,j)=\begin{cases}0 & if\ i=j\ and\ \alpha=1\\ \Gamma(a_{ij},b_{ij}) & if\ either\ i\ or\ j\ \notin V_c\ and\ i,j\in V_A\ or\ i,j\in V_B)\\ |a_{ij}-b_{ij}|+\delta & if\ a_{ij}b_{ij}<0\\ |a_{ij}-b_{ij}| & otherwise\end{cases}$$

$$\Gamma(a_{ij},b_{ij})=\begin{cases}0 & if\ \gamma=0\\ 0 & if\ \gamma=1\ and\ a_{ij}=b_{ij}=0\\ 1 & otherwise\end{cases}$$

معادله شماره (۱): فرمول نسبت فاصله مارکوزی و گلدبرگ

در پویایی شناسی سیستم‌ها در مقایسه با یک رابطه علت و معلولی نرمال و بدون تاخیر، رابطه با تاخیر، قدرتش در طول زمان تغییر می کند. عدم درک این تاخیرها به توانایی افراد در توجه و در نظر گرفتن رفتار غیرخطی روابط علّی بر می‌گردد. برای محاسبه و در نظر گرفتن این تاخیرها اسچافرنیچ و گروسر (۲۰۱۱) پارامتر β را اینگونه باز تعبیر کرده اند که این پارامتر نیز بیانگر این حقیقت است که لینک های با تاخیر از لینک های نرمال متفاوت هستند. این تغییر در معادلات تغییری ایجاد نمی کند اما تفسیر پارامتر را عوض می کند.

در رابطه با استفاده از فرمول نسبت فاصله در سطح عناصر و پارامترهای آن در پویایی شناسی سیستم‌ها باید به نکات زیر توجه کرد:

در پویایی شناسی سیستم‌ها خود- لوپ وجود ندارد (Richardson & Pugh, 1981) بنابراین α =[1]. پارامتر β نیز برابر ۱ می باشد چون در پویایی شناسی سیستم‌های کیفی تعیین قدرت لینک ها صورت نمی گیرد و لینک ها از نظر قدرت یکسان تلقی می شوند (Sterman, 2000). تفسیر اضافه شده اسچافرنیچ و گروسر (۲۰۱۰) در مورد β هنوز برقرار می باشد. به عبارت دیگر مقدار β برابر ۱ یا ۲ تغییر می کند. عدد ۱ بیانگر یک لینک نرمال و بدون تاخیر و عدد ۲ لینک با تاخیر را نشان می دهد. این عدد نشان دهنده این نیست که لینک های با تاخیر دو برابر محاسبه می شوند بلکه بیانگر این واقعیت است که یک لینک با تاخیر و یک لینک بدون تاخیر متفاوت هستند. با عنایت به تفاسیر از تفاوت های بین مجموعه ایی از لینک های علّی در هر دو مدل، ما بر این باوریم که این تفاوت ها با معنی هستند پس بنابراین $\varepsilon=2$ است. با توجه با تعیین مقادیر پارامترها در پویایی شناسی سیستم‌ها بصورت ($\alpha=1,\beta=1,\gamma=2,\delta=0,\varepsilon=2$)، اسچافرنیچ و گروسر (۲۰۱۱) معادله نسبت فاصله عنصر را بصورت معادله ۲ بدست آورده اند. این معادله تفاوت بین دو مدل در سطح متغیرها و لینک ها شامل قطبیت و تاخیرها را نشان می‌دهد.

$$EDR(A,B)=\frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=}^{p} diff\ (i,j)}{4v_c^2+(2v_c(v_{uA}+v_{uB})+v_{uA}^2+v_{uB}^2)-(2v_c+(v_{uA}+v_{uB}))}$$

معادله شماره (۲): معادله نسبت فاصله عنصر

سیستم های پیچیده به علت تعامل میان حلقه های بازخوردی بوجود می آیند (Forrester, 1968). وقتی چندین حلقه فعال هستند تسلط حلقه ها در زمان تغییر می‌کند به عبارت دیگر امکان دارد حلقه ایی ابتدا مسلط بوده و مسب اصلی رفتار سیستم باشد و سپس افول نماید و این تغییر قدرت و تسلط حلقه ها، مکانیزم بنیادین ایجاد رفتارهای پویا در یک سیستم می باشد

(Richardson, 1999). تحقیقات بیانگر این است که همبستگی مثبتی بین تعداد حلقه های بازخوردی مدل ذهنی افراد با درجه تفکر سیستمی آنها وجود دارد (Doyle et. al, 2008; Senge, 1990; Sterman, 2008; Sweeney & Sterman, 2007). بنابراین روشی برای مقایسه مدل‌ها در سطح حلقه‌های بازخوردی مورد نیاز است.

قبل از اینکه به محاسبه نسبت فاصله بین حلقه ها بپردازیم بایستی ابتدا به تعریف مجموعه ایی از حلقه های مدل پرداخته و سپس به انتخاب حلقه های مشابه و متناظر در هر دو مدل بپردازیم. همانند مقایسه متغیرها در دو مدل که نیاز به دو مجموعه از متغیرها داشت در مقایسه حلقه ها نیز دو مجموعه از حلقه ها (یک مجموعه برای هر مدل) نیاز است. مدل ذهنی پویایی شناسی سیستم‌ها تعداد نامنفی حلقه دارد. در مدل‌های کوچک ممکن است تنها یک حلقه وجود داشته باشد با افزایش تعداد متغیرها بصورت نمایی تعداد حلقه ها افزایش می یابد (Kampmann, 1996). ما در این تحقیق بر اساس روش اولیوا[۲۲] (۲۰۰۴) بدنبال محاسبه مجموعه کوتاه ترین حلقه مستقل[۲۳] بوسیله آنالیز تئوری گراف[۲۴] می پردازیم. این مجموعه کوچک ترین تعداد کوتاه ترین حلقه هایی که شامل همه ی متغیرهای موجود در حلقه های علّی مدل ذهنی است می باشد.

بعد از اینکه مجموعه کوتاه ترین حلقه مستقل از هر دو مدل را بدست آوردیم، مجموعه کلی κ حلقه بازخوردی در مدل‌های A و B بایستی آنالیز شده تا حلقه‌هایی از دو مدل که متناظر و مشابه یکدیگرند را انتخاب کنیم. این کار نیاز به انطباق معنایی حلقه های بازخوردی دارد. ارزیابی معنایی، محتوای حلقه ها یا مکانیزم علّی که حلقه بیانگر آن است را بررسی می کند. نتیجه انطباق معنایی مجموعه زوجی از حلقه ها، L_C یا مجموعه از حلقه های مشترک در A و B می شود.

در حالتی که حلقه مشابه در دو مدل پیدا نشد حلقه مورد نظر به عنوان حلقه منحصربفرد شناخته شده و ماکزیمم فاصله را می گیرد. در نتیجه مجموعه حلقه های L_{uA} مجموعه حلقه های منحصربفرد A و L_{uB} مجموعه حلقه های منحصربفرد B می باشد. حلقه های مشابه می توانند با ماتریس درجه دوم L با $\kappa \times \kappa$ عنصر که اندکس m و n اشاره به سطرها و ستون های آن دارند نشان داده شوند. برای مثال اگر دو حلقه مشابه وجود داشته باشند[۱] = l_{mn} وگرنه[۰] = l_{mn} .

از L نسبت فاصله حلقه ها را محاسبه می کنیم. این درجه تفاوت بین یک زوج حلقه را نشان می دهد. دامنه آن از [0] (یکسان و مشابه) تا [1] (کاملا متفاوت) می باشد.

برای حلقه هایی که فقط دارای عناصر L_{uA} یا L_{uB} هستند l_{mn} = [0] و LDR(m,n) = [1]. در دیگر حالت ها نسبت فاصله حلقه ها با استفاده از نسبت فاصله عنصر دو حلقه مشابه، EDR(m,n)؛ تفاوت در قطبیت این حلقه‌ها lpold(m,n)؛ و تفاوت آنها در تاخیر، ldd(m,n) محاسبه می‌شود (معادله۳). محاسبه EDR(m,n) در معادله ۲ نشان داده شده است. اگر حلقه های بازخوردی m و n با قطبیت یکسان باشند lpold(m,n) = [0] و اگر قطبیت متفاوتی داشته باشند lpold(m,n) = [1]. اگر حلقه ها در تاخیرها برابر باشند ldd(m,n) = [0] و گرنه ldd(m,n) = [1] می باشد. وزن عبارت مختلف برابر η، κ، ι می باشد که η + κ + ι = [1] می باشد.

$$LDR(m,n) = \eta \times ldd(m,n) + \iota \times lpold(m,n) + \kappa \times EDR(m,n)$$

معادله شماره (۳): نسبت فاصله حلقه ها

فاصله مجموعه همه ی حلقه ها بوسیله نسبت فاصله مدل تعریف می شود. از دیدگاه حلقه های بازخوردی دو مدل یکسان هستند اگر MDR(A,B) = [0]، دو مدل شبیه به هم تلقی می شوند هر گاه MDR(A,B) < [0.25] > [0]، و دو مدل ناهمانند تلقی می شوند هر گاه MDR(A,B) > [0.25] . نسبت فاصله مدل میانگین ساده از نسبت های فاصله همه حلقه ها می باشد(معادله۴).

$$MDR(A,B) = \frac{\sum_{l=1}^{n} LDR(m,n)_l}{n}$$

[22] Oliva
[23] The shortest independent loop set (SILS)
[24] Graph-theoretical analysis

معادله شماره (۴): نسبت فاصله مدل

مطالعه موردی در این مقاله پروژه " طراحی پارک فناوری هوایی با استفاده از پویایی شناسی سیستم‌ها" می باشد (Haji Gholam Saryazdi, 2013). این پروژه با هدف طراحی مدل مناسب پارک فناوری هوایی در ایران به منظور جلوگیری از شکست این نهاد پیچیده طراحی گردیده بود. در این پروژه از دو مسیر به مدلسازی پرداخته شد. در مسیر اول با استفاده از ادبیات موضوع و بررسی مقالات و تحقیقات مختلف درباره پارک های علم و فناوری و همچنین بررسی سه پارک فناوری هوایی خارجی و دو پارک علم و فناوری داخلی به طراحی مدل علت و معلولی پرداخته شد. که این مدل را مدل مرجع می نامیم. در مسیر دوم با شناسایی ذینفعان کلیدی پارک و دعوت از هر یک از ذینفعان بصورت فردی، جلسات مدلسازی گروهی با اهداف زیر اجرا شد:

۱- استخراج متغیرهای تاثیر گذار بر پارک فناوری هوایی (به عبارت دیگر استخراج ۶ ضلعی ها (Hodgson, 1992))
۲- ترسیم نمودار علت و معلولی متغیرها جهت نمایش تعامل بین متغیرها
۳- طراحی مدل بهینه و استخراج استراتژی های کلان پارک فناوری هوایی

ذینفعان شناسایی شده شامل ۲۱ نفر در دو گروه ذینفعان داخلی (مشارکت کنندگان صاحب نظر در زمینه پارک های علم و فناوری) و گروه خارجی (مشارکت کنندگان صاحب نظر در زمینه صنعت هوایی) بودند. مدلسازی در ۳ جلسه ۳ ساعته برگزار شد (Haji Gholam Saryazdi, 2013).

مدل مرجع شامل ۱۰ نمودار و ۲۶ حلقه بود که بجز یک حلقه تمام حلقه ها مثبت بودند. مدل حاصل از مدلسازی گروهی شامل ۷ نمودار و ۲۲ حلقه بود که تمامی حلقه ها مثبت می باشند.

۳- نتایج و بحث

در این قسمت ما روش نسبت فاصله را برای مقایسه دو مدل A (مدل ذهنی حاصل از مدلسازی گروهی) با مدلB (مدل مرجع حاصل از مطالعه ادبیات موضوع) بکار می گیریم. همانطور که اشاره شد استفاده از این رویکرد به منظور ارزیابی و تست مدل ذهنی حاصل از مدلسازی گروهی با مدل مرجع می باشد.

از آنجا که مدل‌های مرجع و مدل‌های حاصل از مدلسازی گروهی خیلی زیاد بودند ما ابتدا به استخراج مدل‌های مشابه با آنالیز معنایی پرداختیم و سپس از روش نسبت فاصله برای مقایسه آنها استفاده کردیم.

در جدول ۳ مدل‌های مشابه از هر دو نوع مدل به همراه اطلاعات آنها آورده شده است. نمودار این مدل‌ها در پیوست آورده شده است.

همانطور که در قسمت ۲-۳ و توضیحات پیرامون فرمول ها اشاره شد مقادیر پارامترها بصورت زیر می باشد:

$$\alpha = 1,$$
$$\beta = 1,$$
$$\gamma = 2, \gamma' = 1,$$
$$\delta = 0,$$
$$\varepsilon = 2,$$
$$\eta = \iota = \kappa = 0.33$$
$$\Gamma(a_{ij}, b_{ij}) = 1$$

همچنین از آنجا که حلقه های بازخوردی همه دارای قطبیت یکسان بودند lpold(m,n) = [0] و چون حلقه ها در تاخیرها برابر بودند ldd(m,n) = [0] در نظر گرفته شد.

جدول شماره (۳): حلقه های متناظر دو مدل A و B

نام مدل	نام حلقه	توضیح حلقه	تعداد لینک ها	قطبیت
مدل A	R5	اثر حمایت ذینفعان	۷	قطبیت تمام حلقه ها مثبت(+) می باشد
مدلB	R2		۵	
مدل A	R7	ارتباط صنعت و دانشگاه	۱۲	
مدلB	R20,21		۱۳	
مدل A	R8	مرکز رشد فناوری	۸	
مدلB	R15		۹	
مدل A	R15	سیستم پذیرش موسسات	۶	
مدلB	R8		۱۰	
مدل A	R16	زون بندی پارک فناوری	۷	
مدلB	R4		۸	
مدل A	R17	سیستم ارزیابی عملکرد	۸	
مدلB	R13		۶	
مدل A	R19	مرکز مدیریت فناوری	۸	
مدلB	R12		۱۰	
مدل A	R20	هم افزایی	۱۰	
مدلB	R6		۸	
مدل A	R22	زیرساخت های پارک فناوری	۹	
مدلB	R9,11		۱۰	

در جدول ۴ نتایج مقایسه دو مدل A و B با روش نسبت فاصله در سه سطح عناصر (EDR)، سطح حلقه ها (LDR) و سطح مدل کامل (MDR) آورده شده است.

همانطور که از جدول مشخص است مقدار MDR برابر ۶/۸۴٪ می باشد. از آنجا که $[0] < MDR(A,B) < [0.25]$ است دو مدل شبیه به هم تلقی می‌شوند. به عبارت دیگر مدل ذهنی حاصل از مدلسازی گروهی درااای اعتبار بوده و با مدل مرجع هم خوانی دارد. همچنین در سطح عناصر و حلقه ها نیز شباهت زیادی وجود دارد و شاخص LDR نیز بجز حلقه های ۵-۲ (برابر۱۱.۲۵٪) مابقی زیر ۱۰ درصد می باشد که بیانگر شباهت زیاد حلقه ها می باشد.

همانطور که از نتایج مشخص است و بر طبق تحقیق اسچافرنیچ و گروسر (۲۰۱۱) تفاوت در سطح مدل‌ها کمتر از سطح عناصر و حلقه ها می باشد.

جدول شماره (۴): نتایج حاصل از روش رویکرد نسبت فاصله

Loop No	V_c	V_{ua}	V_{ub}	مخرج کسر	صورت کسر	**EDR**	درصد	**LDR**	درصد
L۵-۲	۴	۲	۱	۸۸	۳۰	۰/۳۴۰۹۱	۳۴/۰۹	۰/۱۱۲۵	۱۱/۲۵
L۷-۲۰,۲۱	۶	۶	۷	۳۰۶	۸۷	۰/۲۸۴۳۱	۲۸/۴۳	۰/۰۹۳۸۲۳۵	۹/۳۸
L۸-۱۵	۵	۲	۳	۱۲۲	۱۲	۰/۰۹۸۳۶	۹/۸۴	۰/۰۳۲۵۴۹	۳/۲۵
L۱۵-۸	۴	۱	۵	۱۳۶	۳۰	۰/۲۲۰۵۹	۲۲/۰۶	۰/۰۷۲۷۹۴۱	۷/۲۸
L۱۶-۴	۳	۴	۵	۱۶۲	۴۱	۰/۲۵۳۰۹	۲۵/۳۱	۰/۰۸۳۵۱۸۹	۸/۳۵
L۱۷-۱۳	۴	۳	۲	۱۱۴	۱۵	۰/۱۳۱۵۸	۱۳/۱۶	۰/۰۴۳۴۲۱۱	۴/۳۴
L۱۹-۱۲	۵	۲	۴	۱۴۰	۲۶	۰/۱۸۵۷۱	۱۸/۵۷	۰/۰۶۱۳۸۲۷	۶/۱۳
L۲۰-۶	۶	۳	۲	۱۳۰	۱۶	۰/۱۲۳۰۸	۱۲/۳۱	۰/۰۴۰۶۱۵۴	۴/۰۶

L۲۲-۹,۱۱	۴	۳	۵	۱۶۲	۳۷	۰/۲۲۸۴	۲۲/۸۴	۰/۰۷۵۴۷۳۴	۷/۵۴
						MDR	درصد		
						۰/۰۶۸۴۲	۶/۸۴		

متخصصان پویایی شناسی سیستم‌ها همیشه بدنبال تست مدل‌های خود برای سنجش اعتبار و منطبق بودن آنها با واقعیت می باشند. رویکردهای مختلفی در این زمینه برای اعتبارسنجی مدل‌های کمی توسعه داده شده است اما برای اعتبارسنجی مدل‌های کیفی و مدل‌های ذهنی روش های کمی وجود دارد. در این مقاله ما با استفاده از رویکرد نسبت فاصله و با انتخاب رویکرد درون موضوعی به تست و اعتبارسنجی پویایی شناسی سیستم‌ها کیفی حاصل از مدل ذهنی مشارکت کنندگان در جلسات مدلسازی گروهی با مدل مرجع حاصل از مطالعات ادبیات موضوع پرداختیم.

همانطور که اشاره شد این مقایسه در سه سطح عناصر، سطح حلقه های علّی و سطح مدل کامل انجام شد. از آنجا که تعداد حلقه ها در هر دو مدل زیاد بود ابتدا با آنالیز معنایی حلقه های مشابه مشخص و کوچکترین حلقه مستقل مورد نظر انتخاب شد. سپس با استفاده از رویکرد نسبت فاصله به مقایسه مدل‌ها پرداخته شد.

همانطور که از نتایج حاصل از رویکرد نسبت فاصله مشخص شد مقدار MDR= ۶/۸۴ بود که بیانگر این است که مدل حاصل از مدلسازی گروهی با مدل مرجع مطابق و همانند بودند. مقادیر EDR و LDR نیز بیانگر تشابه مدل در سطح عناصر و حلقه ها بودند.

در نتیجه می توان گفت مدل حاصل از مدلسازی گروهی دارای اعتبار و با مطالعات ادبیات موضوع و مدل حاصل از آن تطابق دارد.

با توجه به نتایج مقاله، می‌توان گفت برای اعتبارسنجی مدل‌های کیفی و مدل‌های حاصل از مدلسازی گروهی روش نسبت فاصله روش مناسبی می‌باشد که متخصصان پویایی شناسی سیستم ها می‌توانند از این روش در مواقعی که مدل آنها با مدلی مشابه قابل ارزیابی است استفاده نمایند. لذا این روش در اعتباربخشی به رویکردهای کیفی مدلسازی کمک شایانی می کند. با این حال این روش برای مدل‌های کمی پویایی شناسی سیستم‌ها نیز قابل استفاده می باشد. این روش در مدل‌های کمی در تست ساختار مدل علت و معلولی مفید است. با این حال یکی از سرفصل‌های تحقیقاتی آیندگان می‌تواند بررسی تعمیم این روش در تست ساختار مدل جریان (نمودار حالت و نرخ) باشد.

٤- منابع

1. Ackoff RA. (1974). *Redesigning the Future: A Systems Approach to Societal Problems*. Wiley: New York.
2. Andersen, D. F., Richardson, G.P., Vennix, J.A.M. (1997). Group Model Building: Adding More Science to the Craft. *System Dynamics Review*, 13 (2),187-201.
3. Bosch, O.J.H., Ross, A.H., Beeton, R.J.S. (2003). Integrating science and management through collaborative learning and better information management. *Systems Research and Behavioral Science*, 20 (2), 107–118.
4. Capelo, C., Dias, J.F. (2009). A system dynamics-based simulation experiment for testing mental model and performance effects of using the balanced scorecard. *System Dynamics Review*, 25 (1), 1–34.
5. Coyle R. G. (1999). Qualitative modelling in system dynamics or what are the wise limits of quantification? *Keynote address to the conference of the System Dynamics Society*. Wellington, New Zealand.
6. De Geus AP. (1988). Planning as learning. *Harvard Business Review*, (March/April): 70-74.
7. Doyle, J.K., Ford, D.N. (1999). Mental models concepts revisited: Some clarifications and a reply to lane. *System Dynamics Review*, 15 (4), 411–415.
8. Doyle, J.K., Radzicki, M.J., Trees, W.S. (1996). Measuring the Effect of System Thinking Interventions on Mental Models. In: *Paper presented at the 1996 International System Dynamics Conference*, Cambridge, Massachusetts.

9. Doyle, J.K., Radzicki, M.J., Trees, W.S. (2008). *Measuring change in mental models of complex dynamic systems*. In: Qudrat-Ullah, H., Spector, M.J., Davidsen, P. (Eds.), Complex Decision Making: Theory and Practice. Springer-Verlag, Berlin, pp. 269–294.
10. Elias, A.A. (2008). Group Model Building: Energy Efficiency in New Zealand's Residential Sector. *Proceedings of the 6th Annual Australian and New Zealand Academy of Management Operations Management Symposium* (Gold Coast, Queensland, Australia).
11. Fokkinga, B., Bleijenberg, I., Vennix, J.A.M. (2009). Group model building evaluation in single cases: A method to assess changes in mental models. In: *Paper presented at the 27th International Conference of the System Dynamics Society*, New Mexico, USA.
12. Forrest, J. (2010). Welcome to the Qualitative System Dynamics Web Site, Last updated - August 16, 2010, http://jayfor.site.aplus.net/qualsd.
13. Forrester, J.W. (1961). *Industrial Dynamics*. Productivity Press, Cambridge, MA.
14. Forrester, J.W. (1968). *Principles of Systems*. The MIT Press, Cambridge.
15. Forrester, J.W. (1987). Lessons from system dynamics modelling. *System Dynamics Review*, 3(2),136-149.
16. Forrester, J.W. (1992). Policies, decisions and information-sources for modeling. *European Journal of Operational Research*, 59 (1), 42–63.
17. Gary, M.S. (2008). Mental models and performance in complex, dynamic decision environments. In: *Paper presented at the Proceedings of the Academy of Management Conference*, Anaheim, USA.
18. Greenberger M., Crenson MA., Crissey BL. (1976). *Models in the Policy Process: Public Decision Making in the Computer Era*. Russell Sage Foundation: New York.
19. Haji Gholam Saryazdi, A. (2013). *Designing of the Aviation Technology Park by Using System Dynamics Approach*. MBA Thesis, University of Science and Culture, Tehran, Iran.
20. Haji Gholam Saryazdi, A., Ghavidel, M. (2018). The Waste Management in a Wire and Cable Company through System Dynamics Approach, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 35, Issue 7, https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2017-0102.
21. Haji Gholam Saryazdi, A., Manteghi, M., Zare Mehrjardi, Y. (2013). *System Dynamics*. Almase Alborz Press, Tehran, Iran.
22. Haji Gholam Saryazdi, A., Rajabzadeh Ghatari, A., Mashayekhi, A.N., Hassanzadeh, A. (2019). Crowd Model Building as a Collective Decision Support System, *International Journal of System Dynamics Applications (IJSDA)*, 8(3) 13-26
23. Haji Gholam Saryazdi, A., Rajabzadeh Ghatari, A., Mashayekhi, A.N., Hassanzadeh, A. (2017). The Dilemma of the Dynamic Problems: Provide a Framework for the Process of Problem Definition, *The Modares Journal of Management Research in Iran*, 21(2), 1-26.
24. Halbe, J. (2010). Potential of Group Model Building in Environmental Management. *21st MIT-UAlbany-WPI System Dynamics Ph.D. Colloquium*, Friday, October 29, 2010, University at Albany, State University of New York.
25. Hine, D.H., Montiel, C.J., Cooksey, R.W., Lewko, J.H. (2005). Mental models of poverty in developing nations – A causal mapping analysis using a Canada–Philippines contrast. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 36 (3), 283–303.
26. Hodgson, A.M. (1992). Hexagons for system thinking, in: J.D.W. Morecroft and J.D. Sterman, Modeling for learning, *special issue of European Journal of Operational Research*, 59(1), 220-230.
27. Hosseinichimeh, N., et. al. (2017). Group Model Building Techniques for Rapid Elicitation of Parameter Values, Effect Sizes, and Data Sources. *System Dynamics Review*, 33(1), 71-84.
28. Johnson-Laird, P.N. (1999). Deductive reasoning. *Annual Review of Psychology*, 50, 109–135.
29. Johnson-Laird, P.N. (2001). Mental models and deduction. *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (10), 434–442.
30. Jonson, T.E., O'Connor, D.L. (2008). Measuring team shared understanding using the analysis-constructed shared mental model methodology. *Performance Improvement Quarterly*, 21 (3), 113–135.

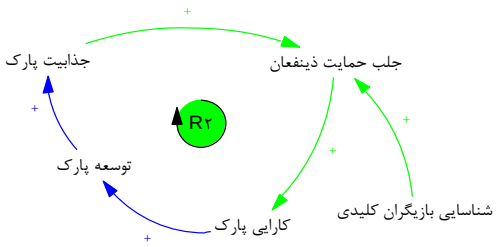
31. Kampmann, C.E. (1996). Feedback loop gains and system behavior. In: Richardson, G.P., Sterman, J.D. (Eds.), 1996 *International System Dynamics Conference*. The System Dynamics Society, Cambridge, Massachusetts.
32. Lane DC. (1989). Modelling as learning: creating models to enhance learning amongst management decision makers. *Paper presented at the European Simulation Conference*, Edinburgh.
33. Lane DC. (1993). The road not taken: observing a process of issue selection and model conceptualization. *System Dynamics Review*, 9(3), 239-264.
34. Langan-Fox, J., Code, S., Langfield-Smith, K. (2000). Team mental models: Techniques, methods, and analytic approaches. *Human Factors*, 42 (2), 242–271.
35. Langan-Fox, J., Wirth, A., Code, S., Langfield-Smith, K., Wirth, A. (2001). Analyzing shared and team mental models. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28 (2), 99–112.
36. Langfield-Smith, K., Wirth, A. (1992). Measuring differences between cognitive maps. *Journal of the Operational Research Society*, 43 (12), 1135–1150.
37. Maani, K., Cavana, R. (2000). *Systems Thinking and Modelling – Understanding Change and Complexity*. New Zealand: Pearson Education.
38. Maani, K.E., Cavana, R.Y. (2007). *Systems Thinking*, softcover ed., System Dynamics: Managing Change and Complexity Pearson Education, New Zealand.
39. Markoczy, L. (1997). Measuring beliefs: Accept no substitutes. *Academy of Management Journal*, 40 (5), 1228–1242.
40. Markoczy, L. (2000). National culture and strategic change in belief formation. *Journal of International Business Studies*, 31 (3), 427–442.
41. Markóczy, L., Goldberg, J. (1995). A method for eliciting and comparing causal maps. *Journal of Management*, 21 (2), 305–333.
42. Mashayekhi, A.N. (2017). *System Dynamics*. Ariana Publishing, Tehran, Iran.
43. McGaghie, W.C., McCrimmon, D.R., Mitchell, G., Thompson, J.A., Ravitch, M.M. (2000). Quantitative concept mapping in pulmonary physiology: Comparison of student and faculty knowledge structures. *Advances in Physiology Education*, 23 (1), 72–81.
44. Meadows, D. H., Robinson, J.M. (1985). *The Electronic Oracle, Computer Models and Social Decision*. Chichester: John Wiley & Sons.
45. Morecroft JDW, Sterman JD (eds). (1992/1994). Modelling for Learning. *Special issue of the European Journal of Operational Research* (Also published as: Morecroft JDW).
46. Morecroft JDW. (1992). Executive knowledge, models and learning. In Modelling for Learning, *special issue of the European Journal of Operational Research* (Morecroft JDW, Sterman JD (eds)) 59(1), 9-27.
47. Oliva, R. (2004). Model structure analysis through graph theory: Partition heuristics and feedback structure decomposition. *System Dynamics Review*, 20 (4), 313–336.
48. Plate, R. (2010). Assessing individuals' understanding of nonlinear causal structures in complex systems. *System Dynamics Review*, 26 (1), 19–33.
49. Richardson, G.P. (1999). *Feedback thought in social science and systems theory*. Pegasus Communications, Waltham, MA.
50. Richardson, G.P., Andersen, D.F. (1995). Teamwork in group model building. *System Dynamics Review*, 11 (2), 113–137.
51. Richardson, G.P., Pugh III, A.L. (1981). *Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO*. Productivity Press, Cambridge, MA.
52. Ritchie-Dunham, J. (2002). Balanced Scorecards, Mental Models, and Organizational Performance: A Simulation Experiment. *Ph.D. Thesis*, University of Texas at Austin, Austin, TX.
53. Roberts EB. (1978). *Strategies for effective implementation of complex corporate models*. In Managerial applications of System Dynamics, Roberts EB (ed). MIT Press: Cambridge; 77-85.
54. Rouwette, E.A.J.A., Vennix, J.A.M., Van Mullekom, T. (2002). Group model building effectiveness: A review of assessment studies. *System Dynamics Review*, 18 (1), 5–45.
55. Rowe, A., Cooke, N. (1995). Measuring mental models: Choosing the right tools for the job. *Human Resource Development Quarterly*, 6 (3), 243–255.

56. Schaffernicht, M., Groesser, S.N. (2009). What's in a mental model of a dynamic system? On the conceptual structure and approaches to model comparison. *In: Paper presented at the 27th International Conference of the System Dynamics Society*, New Mexico, USA.
57. Schaffernicht, M., Groesser, S.N. (2011). A comprehensive method for comparing mental models of dynamic systems, *European Journal of Operational Research*. 210 (2011), 57–67.
58. Schvaneveldt, R. (1990). *Pathfinder associative networks*. In: Schvaneveldt, R. (Ed.), Studies in Knowledge Organization. Ablex, Norwood, NJ.
59. Senge, P.M. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. Currency & Doubleday, New York.
60. Snabe, B., Grössler, A. (2006). System dynamics modelling for strategy implementation – Case study and issues. *Systems Research and Behavioral Science*, 23 (4), 467–481.
61. Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill, Boston.
62. Sterman, J.D. (2008). Risk communication on climate: Mental models and mass balance. *Science*, 322 (24 October), 532–533.
63. Sweeney, L.B., Sterman, J.D. (2007). Thinking about systems: Student and teacher conceptions of natural and social systems. *System Dynamics Review*, 23 (2–3), 285–312.
64. Tsioptsias, N., Tako, A., & Robinson, S. (2016). Model Validation and Testing in Simulation: A Literature Review. *5th Student Conference on Operational Research*, 16(6), 1-11. Germany: Open Access Series in Informatics.
65. Vennix, J. (1996). *Group Model Building: Facilitating Team Learning Using System Dynamics*. London: John Wiley & Sons, 1 edition (August 1996).
66. Vennix, J. (1999). Group model-building: tackling messy problems. *System Dynamics Review*, 15, 379-401.
67. Vennix, J.A.M., Scheper, W., Willems, R. (1993). Group model-building: what does the client think of it? *system dynamics review*, 1993.
68. Verburgh, L. (1994). Participative Policy Modeling Applied to the Health Care Insurance Industry. *Doctorial Dissertation*, University of Nijmegen, Nijmegen.
69. Weber, M., Schwaninger, M. (2002). Transforming an agricultural trade organization: A system-dynamics-based intervention. *System Dynamics Review*, 18 (3), 381–401.
70. Weil HB. (1980). *The evolution of an approach for achieving implemented results from system dynamic projects*. In Elements of the system dynamics method, Randers J (ed). MIT Press: Cambridge, MA; 271-291.
71. Wolstenholme EF. (1982). System dynamics in perspective. *Journal of the Operational Research Society*, 33, 547-556.
72. Wolstenholme EF. (1990). *System Enquiry, A System Dynamics Approach*. Wiley: Chichester.
73. Wolstenholme EF. (1999). Qualitative vs quantitative modelling: the evolving balance. *Journal of the Operational Research Society*, 50, 422-428.
74. Woog, R., Cavana, R.Y., Roberts, R., Packham, R. (2006). Working at the interface between systems and complexity thinking: Insights from a market access design project for poor livestock producers. *Systems Research and Behavioral Science*, 23 (6), 727–741.
75. Zagonel, AA, Rohrbaugh, J. (2008). *Using group model building to inform public policy making and implementation. In Complex Decision Making*, edited by H. Qudart-Ullah, J. M. Spector and P. I. Davidsen: Springer-Verlag.

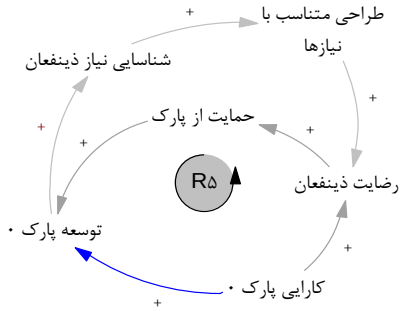
پیوست

در این قسمت مدل‌های مشابه و متناظر براساس ارزیابی معنایی و بصورت مجموعه کوتاه ترین حلقه های مستقل آورده شده اند.

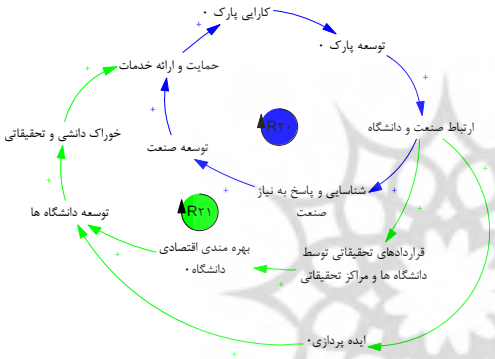
Model B - R2



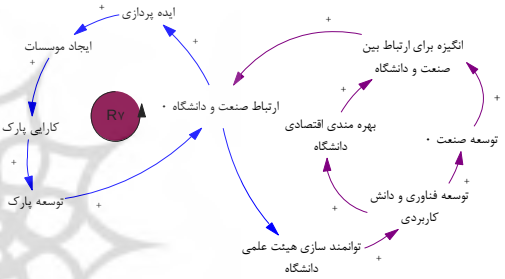
Model A - R5



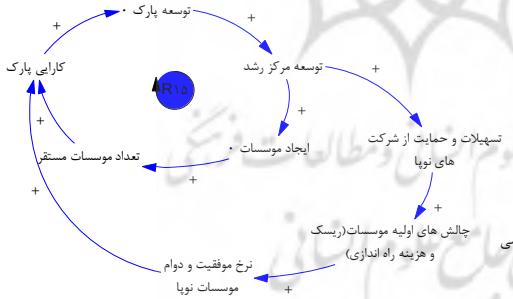
Model B



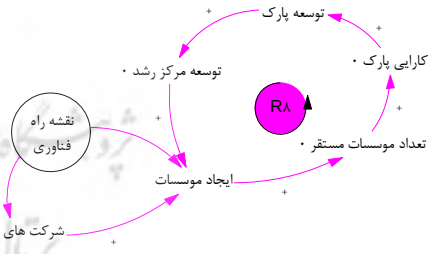
Model A



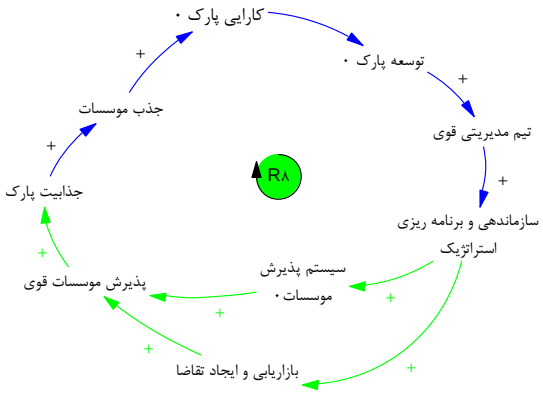
Model B



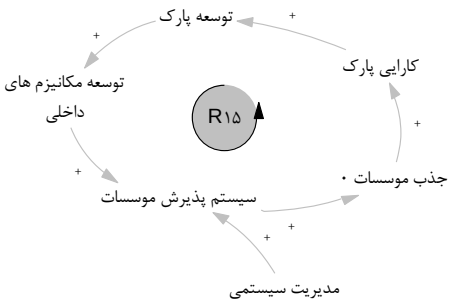
Model A

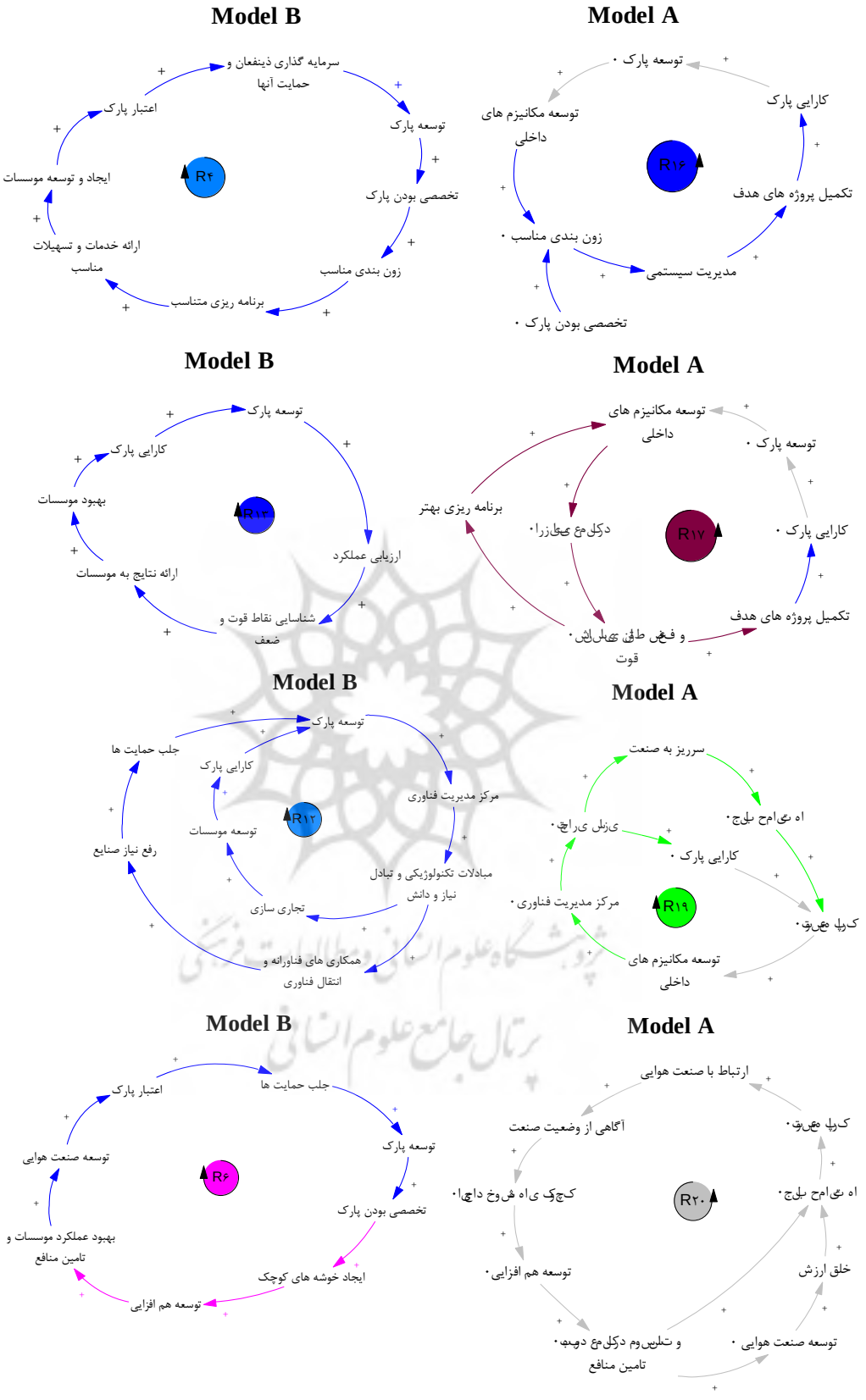


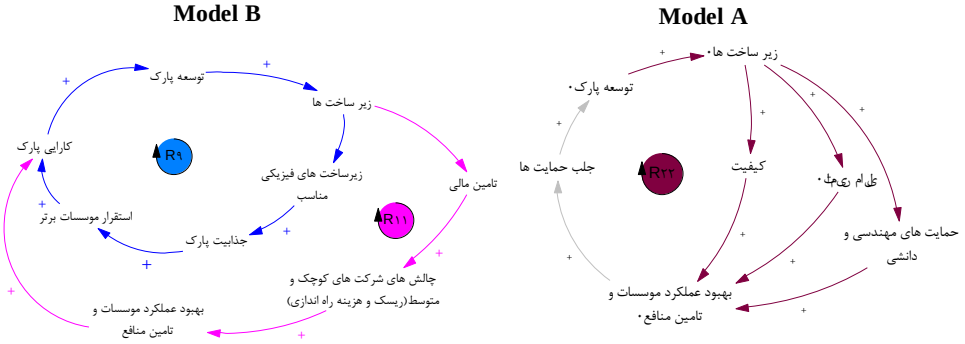
Model B



Model A




Model B
سرمایه گذاری ذینفعان و حمایت آنها
توسعه پارک
تخصصی بودن پارک
زون بندی مناسب
برنامه ریزی متناسب
ارائه خدمات و تسهیلات مناسب
ایجاد و توسعه موسسات
اعتبار پارک
R۴
Model A
توسعه پارک
کارایی پارک
تکمیل پروژه های هدف
مدیریت سیستمی
زون بندی مناسب
تخصصی بودن پارک
توسعه مکانیزم های داخلی
R۱۶
Model B
توسعه پارک
کارایی پارک
بهبود موسسات
ارائه نتایج به موسسات
شناسایی نقاط قوت و ضعف
ارزیابی عملکرد
R۱۳
Model A
توسعه مکانیزم های داخلی
توسعه پارک
کارایی پارک
تکمیل پروژه های هدف
برنامه ریزی بهتر
R۱۷
Model B
توسعه پارک
جلب حمایت ها
کارایی پارک
توسعه موسسات
رفع نیاز صنایع
مرکز مدیریت فناوری
مبادلات تکنولوژیکی و تبادل نیاز و دانش
تجاری سازی
همکاری های فناورانه و انتقال فناوری
R۱۲
Model A
سرریز به صنعت
کارایی پارک
مرکز مدیریت فناوری
توسعه مکانیزم های داخلی
R۱۹
Model B
جلب حمایت ها
اعتبار پارک
توسعه پارک
تخصصی بودن پارک
ایجاد خوشه های کوچک
توسعه هم افزایی
بهبود عملکرد موسسات و تامین منافع
توسعه صنعت هوایی
R۶
Model A
ارتباط با صنعت هوایی
آگاهی از وضعیت صنعت
توسعه هم افزایی
خلق ارزش
توسعه صنعت هوایی
تامین منافع
R۲۰



Testing and Validating the Group Model Building with the Reference Model

Ali Haji Gholam Saryazdi (Corresponding Author)
PhD. candidate, Department of IT Management, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
Email: A.hajigholam@modares.ac.ir
Manuchehr Manteghi
Professor, Department of Management, Faculty of Management, Malek Ashtar University, Tehran, Iran

Abstract
In recent years, qualitative approaches has been increasingly considered in system dynamics society. One method of extracting models of qualitative system dynamics has is a Group Model Building. In this method, clients are involved in the modeling process and key structures and latent variables in the system are extracted based on Participants mental models. In this regard, compare the group models with reference models from the literature can be a way to test and evaluate a model and provide new insights. In this paper, we evaluate and compare models of group modeling sessions extracted from the project "Designing Aviation Technology Park" with the reference model derived from the literature review, by using the distance ratio approach of three levels, including the elements, the causal loops and the full model level. As became clear from the results of this approach the MDR = 6.84 which indicates that the model as the reference model and the group models were similar. EDR and LDR values indicate between model elements and the loops level were similar. In summary, it can be said that the model is a valid model and the resulting models are consistent with other studies in the literature.

Keywords: Group Model Building (GMB), Qualitative System Dynamics Approach, Reference Model, Model Validating, The Distance Ratio Approach.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی