



مدلسازی شبکه همکاری های فناوریانه مبتنی بر پلتفرم مشترک سخت افزاری در تحقیق و توسعه خودرو در گروه سایپا

محمدعلی کرامتی (نویسنده مسئول)

گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران.

mohammadalikeramati@yahoo.com

مسعود شیباب

گروه مدیریت تکنولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۲

چکیده

شرکت ها و جوامع فنی همواره برای ایجاد استانداردها، زیرساخت مشترک و استفاده از نتایج نوآوری با یکدیگر همکاری می کنند. این همکاری ها را می توان در چارچوب به اشتراک گذاری اطلاعات جهت طراحی سخت افزار و سایر اشیاء فیزیکی به عنوان همکاری های فناوریانه مبتنی بر پلتفرم مشترک نامید. موجودیت هایی که باید در این پلتفرم خاص مشارکت داشته باشند و مدل رابطه ای بین آنها ناشناخته است. این پژوهش با هدف شناسایی همکاری های فناوریانه در شبکه تحقیق و توسعه خودرو و مدل سازی روابط بین اجزای مختلف شبکه انجام گردید. شبکه تحقیق و توسعه گروه سایپا به عنوان مورد انتخاب شد. جهت انجام پژوهش از روش، نقشه های شناختی فازی و مدل سازی ریاضی به فراخور نیاز و برحسب نوع داده ها در دو فاز استفاده شد. براساس یافته های تحقیق، شبکه همکاری های فناوریانه در تحقیق و توسعه خودرو شامل سه گروه توسعه دهندگان (وجود روابط متقابل بین اعضا)، مجموعه سازان (وجود روابط متقابل بین برخی اعضا) و خودرو ساز است. ارتباطاتی بین اعضای مختلف به صورت درون گروهی و بین گروهی برحسب هزینه و ارزش شکل گرفت. روابط بین اعضای مختلف به صورت درون گروهی و بین گروهی برحسب هزینه و ارزش شکل گرفت و باتوجه به مدل بهینه این ارتباطات موجد تاثیراتی است که سبب شکل گیری پلتفرم مشترک با حداقل هزینه و حداکثر ارزش برای تحقیق و توسعه خودرو می باشد.

واژگان کلیدی: تحقیق و توسعه خودرو، همکاری های فناوریانه، پلتفرم مشترک، منبع باز سخت افزاری، طراحی باز، شبکه های چند لایه، نقشه های شناختی فازی

۱. مقدمه

بیش از ۲,۵٪ تولید ناخالص جهان صرف تحقیق و توسعه شده است؛ این رقم میانگین سطح جهانی را نشان می‌دهد و بدیهی است که بحسب میزان توسعه‌یافتگی کشورها این مقدار متغیر است. اگر فقط کشورهای توسعه‌یافته را در نظر بگیریم این نسبت تا ۴٪ نیز افزایش خواهد یافت (Trade & industry development, 2018). باتوجه به میزان تولید ناخالص جهان در سال ۲۰۱۵ (۱۰۷,۵ تریلیون دلار) هزینه‌های تحقیق و توسعه در این سال حدود ۲,۷ تریلیون دلار را به‌خود اختصاص داده که باز هم اگر فقط میانگین کشورهای توسعه‌یافته را در نظر بگیریم این رقم افزایش شگفت‌انگیزتری خواهد داشت (OECD, 2017). در آمار اعلام‌شده در ۲۱ مارچ ۲۰۱۸ در بین شرکت‌های پیش‌تاز در حوزه‌ی تحقیق و توسعه شرکت فولکس واگن همچنان بیشترین هزینه تحقیق و توسعه را دارد (KPMG, 2018). در این بین، ایران رتبه ۲۸ در بین سایر کشورهاست که در حوزه‌های هوافضا، انرژی هسته‌ای، تجهیزات پزشکی و سلول‌های بنیادین تمرکز دارند (Global R&D Funding Forecast, 2020).

هزینه‌های رو به افزایش تحقیق و توسعه منجر به همگرایی بین شرکت‌های گوناگون در زمینه‌های مرتبط شده است. جهانی‌شدن و شبکه‌سازی یکی از تسهیل‌گرهایی است که به شکل‌گیری مشارکت‌ها/همکاری‌های فناورانه در صنعت خودرو کمک کرده است. با اینحال راهبری یکپارچه زنجیره تامین، هوشمندی تکنولوژی و عوامل ویژگی‌های شرکت، مدیریت تامین کنندگان، مدیریت مالی، مدیریت تحقیق و توسعه، تعهدات قانونی و مدیریت فناوری اطلاعات (خمسه و همکاران، ۱۳۹۸) به عنوان عوامل کلیدی موفقیت در همکاری‌های فناورانه حائز اهمیت است. در دوران معاصر این همکاری‌ها بیشتر در حوزه‌هایی صورت می‌گیرد که روندهای آتی کسب‌وکارها را تعیین می‌کنند مانند خودروهای متصل، الکتریکی‌نمودن خودرو یا خودروهای خودران (Li, and Gao, 2018). در سال‌های اخیر نوآوری‌ها بیشتر به شیوه‌ای نوین انجام می‌شوند. مشاغل تجاری به تدریج از حالت سیستم‌های بسته به نوآوری‌های باز و با دعوت به همکاری روی آورده‌اند. مزیت دیگری که می‌توان از نوآوری در صورت مدیریت فناوری انتظار داشت (Rajan, et al., 2020) مزیت رقابتی

است که سازمان را قادر می سازد اهداف خود در یک محیط رقابتی محقق نماید. بر این اساس، استفاده موثر از نوآوری و همکاری های فناورانه به عنوان منابع جدیدی از مزیت رقابتی پایدار در نظر گرفته می شود.

در حالی که شرکت ها برای ارائه دستاوردهای خود بیش از پیش تشویق می شوند، نوآوری باز بر پایه الگوی آشنای ادغام عمودی تحقیق و توسعه صنعتی که توسط کریس فریمن و همکاران (۱۹۷۴) مطرح شد، شکل گرفته است (Ehls, ۲۰۱۴). در حالی که تحت سلطه نوآوری باز، شرکت های بزرگ، این رویکرد را کنار نمی نهند، اما ترجیح می دهند تا الگوی مورد نظر سنتی در حوزه تحقیق و توسعه خود را از درون با سایر فناوری های بیرونی در فرایند توسعه و تکوین محصول همراه سازند (Pedersen, ۲۰۲۰)، به گونه ای که فناوری های درونی خود را با برون فکنی / برون سپاری در بازارهای جدید از طریق فناوری به اشتراک نهند. در حالی که در نوآوری باز، فرهنگ و واژگان جدید و نیز الگوی مدیریتی نوینی را چنان که چسبرو از آن یاد می کند، پیشنهاد می کند (West, et al., ۲۰۱۴). تاکنون مطالعات متعددی در

خصوص نوآوری باز و نرم افزارهای منبع باز انجام شده (Balke, et al., 2010, ۲۰۰۶, ۲۰۰۳; Chesbrough, ۲۰۱۳; Chesbrough and Vanhaverbeke, ۲۰۰۶; Yun, et. al., 2020; Herstatt and Ehls, ۲۰۱۵; Piller, ۲۰۰۹; Wayne Liu, ۲۰۱۸). اما در

حوزه سخت افزارهای منبع باز کمتر تحقیق شده است. به ویژه این که این مفهوم در صنعت خودرو و در زمینه تحقیق و توسعه خودرو کمتر توجه شده است. این پژوهش با این مسئله و شکاف عملی روبرو شد که در طراحی خودرو از ایده های مختلف استفاده نمی شد و هزینه های تحقیق و توسعه بالا است و تماماً بر عهده تولیدکننده خودرو است. بر این اساس ضمن استفاده از نوآوری باز و ایجاد یک پلتفرم مشترک سخت افزاری در طراحی خودرو می توان علاوه بر استفاده از ایده های متعدد هزینه های تحقیق و توسعه را نیز تقسیم نمود.

سیستم های منبع باز سخت افزاری می توانند با تمرکز بر ارائه پلتفرم مشترک، اقدام به کاهش هزینه های تحقیق و توسعه و نیز تکوین محصول جدید نمایند (Le Rhun, et. al., ۲۰۲۰). پلتفرم خودرو می تواند به عنوان منبع باز سخت افزاری تلقی شود (Holle, et. al., 2011)، خودرو ساز

در تحقق اهداف تحقیق و توسعه سازمان‌های خودروسازی، این پژوهش در پی پاسخ به این سؤال است که در تحقیق و توسعه خودرو، اساساً ایجاد یک پلتفرم ساخت‌افزاری براساس همکاری‌های فناورانه دارای چه متغیرها و پارامترهایی است و مقادیر بهینه این متغیرها چگونه است.

۲. مرور ادبیات

پرسی که تاکنون در زمینه‌ی استراتژی فناوری پاسخ داده نشده، این است که آیا یک شرکت می‌باید رویکرد «بسته» و درون‌سازمانی به موضوع نوآوری داشته باشد و تمامی گزینه‌های مربوط به توسعه محصول را درون خود بجویند یا این که در مقابل، می‌باید فناوری خود را «باز» گذاشته و عناصر و زیرمجموعه‌های مرتبط را از سایر بازیگران دریافت کند. اندیشمندانی که به این پرسش پرداخته‌اند به دو موضوع اساسی به‌کارگیری و تناسب ارزش حاصله توجه کرده‌اند (Pedersen, ۲۰۲۰) که می‌باید بین این توازن برقرار نمود. برای نمونه برخی به این موضوع اشاره کرده‌اند که با کاهش ریسک حفظ تأمین‌کننده (Enkel, et. al., 2009)، باز بودن سبب تقویت

می‌تواند با در اختیار نهادن پلتفرم خود، در هزینه‌های تحقیق و توسعه سایر اجزاء و مجموعه‌های خودرو صرفه‌جویی نماید. از این پلتفرم حسب نیازهای توسعه‌دهندگان می‌توان نسخه‌های متعددی از محصول را تعریف و به بازار عرضه نمود (Li, D. and Gao, ۲۰۱۸). قاعدتاً هم‌چون هر نظام پیچیده‌ای، ایده‌های بی‌شماری برای تعریف محصول می‌توان مشخص نمود. خودروسازان جهت استفاده از این موهبت و توجیه هزینه‌های سرمایه‌گذاری نیاز به یک مدل و الگوی راهنما دارند. الگویی که بتوان برآن اساس مفاهیم موجود را شناسایی و روابط پیچیده بین سازه‌های مختلف را تبیین نمود.

با این که نقش محوری نوآوری باز برکسی پوشیده نیست، توجه محدودی به استفاده از این موهبت در تحقیق و توسعه خودرو کشور شده است. این محدودیت ناشی از عدم وجود رویکرد و مدل مشخصی جهت تشریح مفاهیم و تبیین روابط همکاری‌های فناورانه مبتنی بر شکل‌گیری پلتفرم مشترک ساخت‌افزاری در طراحی خودرو و نشان دادن تأثیر آن بر عملکرد کلی تحقیق و توسعه است. با توجه به اهمیت شکل‌گیری پلتفرم مشترک ساخت‌افزاری

پذیرش و تغذیه اثرات شبکه و ایجاد ارزش در شبکه می‌گردد. با این حال باز کردن یک فناوری غالباً منجر به زایل شدن حقوق مالکیت معنوی شده، تقلید سایر توسعه‌دهندگان و رقبای را امکان‌پذیر کرده و به تبع آن ارزش مورد نظر از محل توسعه فناوری را تقسیم خواهد نمود (West, et. al., 2014)، بنابراین انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در مواردی که ارزش موردانتظار کم باشد، تحت شعاع قرار می‌گیرد (Almirall and Casadesus-Masanel, 2010). شاید نکته‌ی اساسی نهفته در نوآوری باز این باشد که تمامی افراد باهوش برای ما کار نمی‌کنند (Enkel, et. al., 2009) و باز بودن فناوری این امکان را می‌دهد که توسعه‌دهندگان بتوانند از قابلیت‌ها و امکانات یکدیگر استفاده نمایند.

مشارکت‌های فناورانه مفهوم جدیدی نیست. تا پیش از این در صور دیگر همکاری‌هایی که شرکت‌ها با یکدیگر داشته‌اند هم سابقه داشته است (Jei, 2012). Wu, شکل‌های گوناگونی که این همکاری‌ها، در انواع قالب‌های حقوقی قابل رصد بوده است. مواردی نظیر ائتلاف‌های استراتژیک در حوزه تحقیق و توسعه، پروژه‌های مشترک تحقیق و توسعه و غیره. آنچه که در

مورد مشارکت‌های فناورانه اهمیت دارد، ساختار همکاری در این دسته از مشارکت‌هاست که با توجه به تعاریفی که پیش از این بدان اشاره شد، واجد اهمیت است (Levine & Prietula, 2014). مشارکت فناورانه، به‌عنوان تلاش بین-شرکتی برای نیل به منافع مشترک در فرایند به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات و منابع تعریف شده است (Salisu and Lily Julienti Abu Bakar, 2018) و این امر به علت رفع یا کاهش مشکلات فناورانه‌ای است که شرکت به‌تنهایی نمی‌تواند آن را رفع کند. بنابراین مشارکت شامل همکاری با یکدیگر از طریق شرکای گوناگون و براساس هدفی خاص از طریق تلاش مشترک و منابع در اختیار است. مشارکت‌ها یکی از استراتژی‌های مهم مربوط به افزایش ظرفیت به‌شمار می‌رود (Ivanov, et. al., 2017)، هرچند مشارکت به‌صورت کلی به‌عنوان فرایندی محسوب می‌شود که بین بیش از دو فرد/سازمان صورت می‌گیرد، اما در درون خود و در فرایند عملیاتی، دچار ضعف‌هایی نیز هست (Levine, S. & Prietula, 2014). یک فرایند مشارکت‌جویانه، به‌معنای حضور در روابطی است که بر جنبه‌های مثبت ماهیت انسانی به‌منظور ثمربخش

بودن فعالیت کاری تمرکز دارد. هرچند فرایند گروه‌های کاری گوناگون و پویایی غالباً در متون کسب‌وکار و مدیریتی نام برده می‌شود، اما جنبه‌ی انسانی کارکردن با یکدیگر می‌باید مورد تأکید قرار گیرد (Baguley, et. al., 2014: 31).

واژه‌ی منبع باز تشریح‌کننده‌ی پدیده‌ای است که طی آن داوطلبان محصولی را خلق می‌کنند که برای عموم در دسترس بوده و از حقوق مالکیت معنوی آن چشم‌پوشی می‌کنند اما در ازای آن چیزی دریافت نمی‌کنند. منبع باز می‌تواند پاسخی به این پرسش باشد که چگونه می‌توان از دانش‌های پراکنده در سطح یک جامعه حداکثر استفاده را برد (Ehls, ۲۰۱۴). با این شرحی که از منبع باز رفت، با سیستمی بسیار پیچیده روبرو هستیم که سریعاً در حال گسترش است (Horvat, ۲۰۱۴). هرچند منبع باز، ریشه‌های خود را ابتدا در نرم‌افزارها جستجو کرد، اما به تدریج حضور خود را در سایر رشته‌های سخت‌افزاری نیز گستراند (Levine, S. & Prietula, ۲۰۱۴).

طراحی باز یک چارچوب برای به اشتراک‌گذاری اطلاعات طراحی سخت‌افزار و سایر اشیاء فیزیکی فراهم می‌کند (Geyer, et. al., 2012) این

طراحی دارای پیامدهای متفاوتی از جمله زیبایی‌شناسی، قابلیت استفاده، تولید، کیفیت و غیره است. به‌منظور بررسی باز بودن قطعات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری با جزئیات دقیق بالکا و همکاران (۲۰۱۴) چارچوب پیشنهاد شده توسط وست و اماهنی (۲۰۰۸) را برای مواردی فراتر از نرم‌افزار گسترش داده است (Balka, et. al., 2014). در حالی که نویسندگان بین شفافیت و دسترس‌پذیری تمایز قائل می‌شوند، تکرارپذیری را به عنوان یک شکل سوم از باز بودن اضافه می‌کنیم. شفافیت به کمیت و کیفیت اطلاعات اشاره دارد که آزادانه در اختیار توسعه‌دهندگان قرار داده می‌شود. قابلیت دسترسی نشان‌دهنده‌ی امکان مشارکت فعالانه اعضای جامعه در توسعه محصول است. این مشارکت ممکن است از طریق بحث‌های باز انجام شود و یا به‌طور مستقیم به انتشار محصولات رسمی منتقل شود. تکرارپذیری نشان‌دهنده‌ی دسترس بودن اجزای مختلف و در نتیجه امکان جمع‌آوری محصول است. یافته‌ها نشان می‌دهد که اجزاء در یک طرح باز در سطح جزیی طراحی شده‌اند (Balka, et. al., 2014). درجه باز بودن در بین نرم‌افزار و قطعات سخت‌افزاری به طور قابل توجهی

متفاوت است، به این معنی که نرم افزار شفاف تر، قابل دسترس تر و قابل تکرار تر از سخت افزار است.

ظهور و برآمدن الگوهای آزاد و رایگان منبع برای توسعه نرم افزاری، منجر به تسهیل رشد سخت افزارهای منبع باز/رایگان (که به عنوان سخت افزارهای آزاد نیز شناخته می شود) شده است. سخت افزارهای آزاد موجب کشش جامعه علمی سخت افزاری شده است، جایی که شواهدی جدی وجود دارد که توسعه آزادانه ی سخت افزارها موجبات رشد فنی بالاتر و ارزان تر تجهیزاتی شده است که انحصار آن صرفاً در اختیار مالکان سخت افزاری قرار داشته است (Pearce, 2017). سخت افزار منبع باز، مجموعه ای از اصول طراحی و موارد قانونی ست که صرفاً محدود به نوع خاصی از یک محصول نیست. بنابراین این اصطلاح می تواند به مجموعه ای از محصولات نظیر خودرو، صندلی، کامپیوترها، ربات ها یا حتی خانه ها تعمیم یابد (Balka, et. al., 2014).

طراحی باز پدیده ای ست که از اواخر دهه ی ۱۹۹۰ میلادی رونق یافته است. واژه ی طراحی باز براساس نظر گیر و دیگران عبارتست از: باز بودن تمامی مستندات در فرایند توسعه محصول با

هدف توسعه ی مشارکت جویانه یک محصول فیزیکی. این امر نیازمند استقرار نوآوری منبع باز براساس تعریفی که راش و دیگران مطرح کرده اند -ارائه آزادانه ی اطلاعات برای طرح جدید و با قصد توسعه ی مشارکت جویانه برای یک طرح یا تعداد معدودی از طرح ها برای شناسایی بازار یا غیر بازار- خواهد بود (Bonvoisin, et. al., 2015).

در تحقیقات مرتبط با توسعه محصول برای نخستین بار از واژه پلتفرم جهت معرفی نسل جدیدی از محصول یا یک خانواده از محصول استفاده شد. در یک تحقیق ویلرایت و کلارک (۱۹۹۲) از واژه پلتفرم جهت توصیف محصول جدید که نیازهای گروهی از مشتریان را (و در حال طراحی است) از طریق تغییر آسان در مشتقات با افزودن، جایگزینی یا حذف ویژگی ها برآورده می کند (Wheelwright and Clark, ۱۹۹۲). در موج دوم تحقیقات مربوط به پلتفرم، استراتژیست های فناوری، پلتفرم را به عنوان یک نقطه شروع ارزشمند در کنترل صنعت تعریف نموده اند. رقابت پلتفرم ها به عنوان یک نیروی مهم در سطح صنعت شناسایی شده که می تواند در موفقیت یا شکست شرکت ها و تکامل محصول جدید موثر باشد. برسانهان و

تحقیق جهت ایجاد یکپارچگی بین تجهیزات و شبکه داخلی خودرو با مازولها و شبکه‌های خارجی از رویکرد منبع باز سخت افزاری استفاده شد که نهایتاً به یک پلتفرم مشترک با اجزای سخت افزاری و نرم افزاری در بستری امن منجر می‌گردد.

۳. روش پژوهش

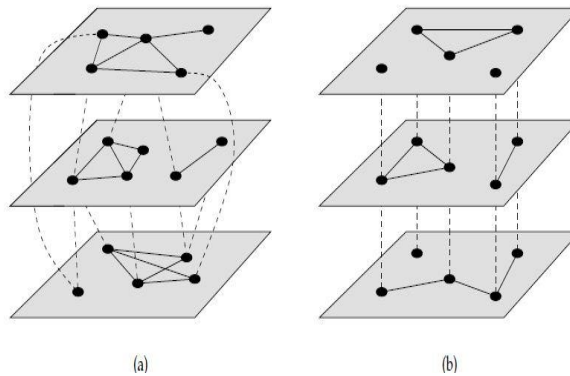
در این پژوهش با استفاده از رویکرد آمیخته داده‌های مختلف گردآوری و تحلیل گردید. در مرحله نخست با استفاده از نقشه‌های شناختی فازی اقدام به تدوین مدل مفهومی و شناسایی پارامترهای مدل گردید و در مرحله دوم با استفاده از مدل شبکه‌های چند لایه، روابط بین متغیرها بر مبنای ارزش و هزینه مدلسازی گردید. جهت تعیین مقادیر پارامترهای مدل (ارزش و هزینه) با استفاده از نقشه‌های شناختی فازی اقدام به مصاحبه با ۳۵ نفر از مدیران گروه خودروسازی سایپا شد. در گام نخست نظرات پاسخ دهندگان در خصوص ارتباط بین بخش‌های مختلف مدل از نظر ارزش نوآوری بررسی گردید و در گام دوم نظرات ایشان در خصوص هزینه ایجاد نوآوری بین بخش‌های

گریستین (۱۹۹۹) یک تئوری جهت تبیین ساختار تکاملی صنعت کامپیوتر ارائه نمودند (Bresnahan and ۱۹۹۹, Greenstein) در این تئوری ساختار رقابت پیرامون تعداد اندکی پلتفرم برتر (پیشرو) متمرکز می‌شود و این امر به تشدید رقابت در یک بخش مشخص از بازار می‌انجامد. نهایتاً اقتصاددانان صنعتی واژه پلتفرم را جهت توصیف محصولات، خدمات، شرکت یا مؤسسه‌ای که واسطه تبادل عملیات بین دو یا گروهی از عامل‌ها هستند، به کار برده‌اند (Gawer, ۲۰۰۹). رابط‌های کاربری پلتفرم‌های مشترک باید استاندارد و عمومی باشند تا بتوان ارائه برنامه‌های مستقل موجود در وسیله نقلیه را حتی توسط ارائه دهندگان شخص ثالث امکان پذیر نمود (Groll, et. al., ۲۰۱۰). هل و همکاران مشارکت‌های فناورانه را جهت توسعه اجزای الکترونیک خودرو و با هدف ایجاد یک پلتفرم مشترک از طریق سخت افزار منبع باز ارائه کردند (Holle, et. al., ۲۰۱۱). در این مدل بازیگران مختلف مانند توسعه دهندگان، خودروسازان و طرفهای ذینفع سوم در ایجاد پلتفرم منبع باز خودرو نقش ایفا می‌کنند. در این

مختلف شبکه تحقیق و توسعه خودرو دریافت گردید. پس از دریافت ماتریس اوزان ۳۵ پاسخ‌دهنده، ماتریس اوزان تجمیعی تهیه و مبنای محاسبات نقشه-های شناختی فازی قرار گرفت. مؤلفه-های مدل از دو جنبه با هم مقایسه گردید؛ اول از نظر «ارزش ایجادشده در شبکه» و دوم از نظر «هزینه و زمان حصول نتایج نوآوری». برای هریک از این جنبه‌ها ماتریس اوزان جداگانه تهیه گردید و به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل مقادیر اولیه تعیین گردید. وزن هر کمان نشان‌دهنده‌ی تأثیر هر مفهوم بر مفهوم دیگر از نظر ارزش‌افزایی یا میزان افزایش هزینه بود که به‌صورت زیر تعریف گردید:

گره: اجزاء یا بخش‌های شبکه
همکاری‌های فناورانه در تحقیق و توسعه خودرو
کمان: وزن هر رابطه در شبکه از نظر ارزش نوآوری یا هزینه ایجاد نوآوری

یکی از جایگزین‌های قدرتمند برای زمانی که گره‌های یک شبکه از یک نوع نیستند، استفاده از شبکه‌های چند لایه است. یک شبکه چند لایه از مجموعه‌ای از لایه‌ها تشکیل شده است که هر کدام دارای شبکه جداگانه‌ای هستند که ارتباط‌های مخصوص به خود را دارند. هر کدام از این لایه‌ها توسط خطوطی به هم متصل می‌شوند. به‌عنوان مثال، شبکه-های حمل و نقل با لایه‌های ارتباطی نظیر هواپیما، قطار، اتوبوس و... نمونه-هایی از این شبکه‌ها هستند. این نمونه از شبکه‌ها بسته به نوع اتصال بین لایه-ها، مطابق شکل زیر به دو نوع (a) و (b) تقسیم‌بندی می‌شوند (Newman, ۱۱۹: ۲۰۱۸). در نوع (a) که شبکه چند لایه نام دارد، لایه‌ها بدون رعایت ترتیب با هر لایه‌ای می‌توانند ارتباط داشته باشند و در نوع (b) که شبکه مرکب نام دارد ترتیب ارتباط بین لایه‌ها اهمیت دارد.



نمودار ۱: شبکه‌های چند لایه و شبکه‌های مرکب؛ منبع نیومن، ۲۰۱۸: ۱۱۹

دو تابع هدف حداکثرسازی ارزش و حداقل‌سازی هزینه‌ها در نظر گرفته شده است.

مجموعه‌ها، متغیرها و پارامترهای مدل به ترتیب زیر خلاصه گردیده است:

مجموعه‌ها

لایه اول:

I : مجموعه‌ی توسعه‌دهنده‌ها (I)، ...،

$(i = 1, \dots, m)$

m : توسعه‌دهنده‌ها ($m \subseteq i$)

لایه دوم:

J : مجموعه‌ی مجموعه‌سازها (J)، ...،

$(j = 1, \dots, k)$

k : مجموعه‌سازها ($k \subseteq j$)

لایه سوم:

h : خودروساز

متغیرها

لایه اول:

در این بخش به منظور توسعه مدل عملیاتی همکاری‌های فناورانه بر مبنای پلتفرم سخت‌افزاری در تحقیق و توسعه خودرو از روش مدل‌سازی ریاضی بر مبنای شبکه‌های چندلایه استفاده شده است. به لحاظ ماهیت پژوهش پیش رو، از مدل (b) در شکل بالا برای مدل‌سازی استفاده شده است. برای توسعه مدل ریاضی مذکور از سه لایه شبکه مجزا که توسط لینک‌هایی به هم متصل شده‌اند، استفاده شده است. در لایه اول، توسعه‌دهنده‌ها در نظر گرفته شده است که دارای ارتباطاتی بین خود نیز هستند. به همین ترتیب در لایه‌های دوم و سوم مجموعه‌سازها و خودروسازها در نظر گرفته شده است. جهت تعدیل مقادیر ارزش و تعیین ترکیب بهینه روابط در شبکه باید علاوه بر ارزش، هزینه‌های نوآوری را نیز لحاظ نمود، لذا این مدل با

Z_{im} : متغیر باینری که در صورت برقراری ارتباط از توسعه‌دهنده i به توسعه‌دهنده m مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.
لایه دوم:

Z'_{jk} : متغیر باینری که در صورت برقراری ارتباط از مجموعه‌ساز j به مجموعه‌ساز k مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.
بین لایه اول و دوم:

X_{ij} : متغیر باینری که در صورت برقراری ارتباط از توسعه‌دهنده i به مجموعه‌ساز j مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.
بین لایه دوم و سوم:

Y_{jh} : متغیر باینری که در صورت برقراری ارتباط از مجموعه‌ساز j به خودروساز h مقدار یک و در غیر این صورت مقدار صفر می‌گیرد.

مدل ریاضی

$$Max Z = \sum_i \sum_m Z_{im} * V_{im} + \sum_j \sum_k Z'_{jk} * V_{jk} + \sum_i \sum_j X_{ij} * VV_{ij} + \sum_j \sum_h Y_{jh} * VV_{jh}$$

$$Min Z = \sum_i \sum_m Z_{im} * C_{im} + \sum_j \sum_k Z'_{jk} * C'_{jk} + \sum_i \sum_j X_{ij} * CC_{ij} + \sum_j \sum_h Y_{jh} * CC'_{jh}$$

پارامترها

$s.t$
 $\sum_i X_{ij} \geq 1 \quad \forall j$
 $\sum_j \sum_h Y_{jh} \geq \left\lceil \frac{J}{\gamma} \right\rceil$
 $y_{jh} \leq x_{ij} \quad \forall i, j, h$
 $x_{ij} \leq z_{im} \quad \forall i, j, m$

V_{im} : ارزش ایجادشده در ارتباط توسعه‌دهنده i به توسعه‌دهنده m .
 VV_{ij} : هزینه ایجادشده در ارتباط توسعه‌دهنده i به توسعه‌دهنده m .
لایه دوم:
(۶)

توسعه‌دهنده، حداقل یک ارتباط با سایر توسعه‌دهندگان برقرار است. محدودیت (۸) نشان می‌دهد تا ارتباطی بین مجموعه‌سازان برقرار نباشد، مجموعه‌سازان با خودروسازان نمی‌توانند ارتباط برقرار کنند. محدودیت (۹) بیان می‌کند حداقل ارتباطات بین مجموعه‌سازان برابر تعداد مجموعه‌ی مجموعه‌سازان است. محدودیت (۱۰) نشان می‌دهد حداقل ارتباطات بین توسعه‌دهندگان برابر تعداد مجموعه‌ی توسعه‌دهندگان است.

۴. یافته‌ها

مؤلفه‌های مدل همکاری‌های فناورانه یا بخش‌های شبکه تحقیق و توسعه خودرو براساس ادبیات تحقیق شکل گرفت و باتوجه به نظرات خبرگان در قالب یک چارچوب اولیه تایید گردید. پس از شناسایی مؤلفه‌های مدل همکاری‌های فناورانه، جهت تعیین مقادیر پارامترها از رویکرد نقشه‌های شناختی فازی استفاده گردید. جهت تعدیل مقادیر ارزش و تعیین ترکیب بهینه روابط در شبکه علاوه بر ارزش، هزینه‌های نوآوری نیز لحاظ گردید. در این صورت مدل تبدیل به یک مدل ریاضی دو هدفه و دارای مقادیر بهینه شد. باتوجه به متفاوت بودن

$$\sum_k z'_{jk} \geq 1 \quad \forall j (j \neq k)$$

$$y_{jh} \leq z'_{jk} \quad \forall j, h, k$$

$$\sum_j \sum_k z'_{jk} \geq J$$

$$\sum_i \sum_m z_{im} \geq I$$

$$z_{im}, z'_{jk}, y_{jh}, x_{ij} \in \{0, 1\}$$

عبارت (۱) بیانگر تابع هدف اول؛ با هدف حداکثر کردن مجموع ارزش‌هاست که این ارزش‌ها شامل کاهش هزینه و افزایش نوآوری است. عبارت (۲) بیانگر تابع هدف دوم؛ با هدف حداقل کردن مجموع هزینه‌هاست. محدودیت (۳) بیانگر این است که حداقل یک ارتباط بین توسعه‌دهندگان و مجموعه‌سازها وجود دارد. محدودیت (۴) بیان می‌کند که حداقل به تعداد نیمی از مجموعه‌سازان ارتباط بین مجموعه‌سازان و خودروسازان وجود دارد. محدودیت (۵) بیان می‌کند تا ارتباطی بین توسعه‌دهندگان و مجموعه‌سازان شکل نگیرد؛ ارتباطی بین مجموعه‌سازان و خودروسازان شکل نخواهد گرفت. محدودیت (۶) بیان می‌کند تا ارتباطی بین توسعه‌دهندگان وجود نداشته باشد، ارتباطی بین توسعه‌دهندگان و مجموعه‌سازان وجود نخواهد داشت. محدودیت (۷) بیان می‌کند به ازای هر

$$\sum_i \sum_j x_{ij} * CC_{ij} + \sum_j \sum_h y_{jh} * CC'_{jh})$$

$$w_1 + w_2 = 1$$

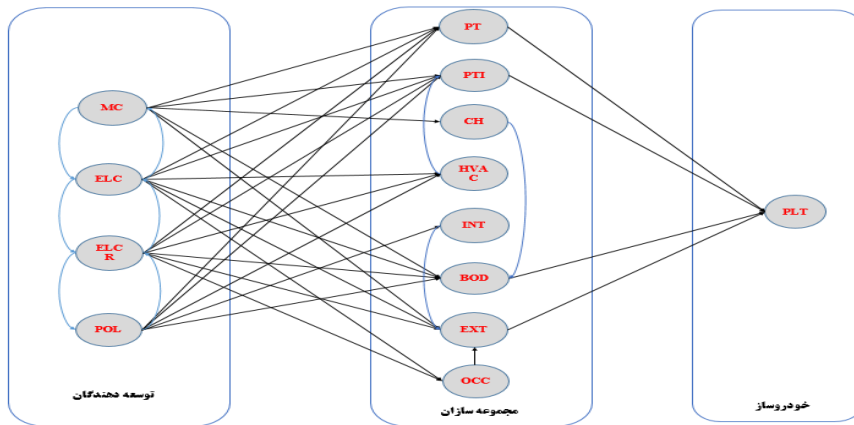
برای حل مدل از پارامترهای هزینه و ارزش که براساس خروجی ماتریس اوزان مرحله قبل (نقشه-های شناختی فازی) بدست آمد، استفاده شد. جهت تحلیل داده‌ها از نرم افزار گمز استفاده شد مقدار بهینه تابع هدف اول (ارزش کل مجموعه) ۱۷/۷۹ و مقدار بهینه تابع هدف دوم (هزینه کل مجموعه) ۱۲/۹۳ می‌باشد. این مقادیر نشان می‌دهد که جهت ایجاد یک نوآوری در شبکه با استفاده از روابط بهینه این مدل می‌توان به میزان ۱۷/۷۹ واحد ارزش ایجاد نمود در حالی که هزینه شکل‌گیری آن ۱۲/۹۳ واحد می‌باشد. مدل بهینه علاوه بر نشان دادن روابط بهینه و مسیر بهینه در شبکه مقدار هزینه و ارزش بهینه را نیز مشخص نموده است. به منظور بررسی اعتبار مدل ریاضی پیشنهادی، سه نمونه تصادفی از

مقادیر ارزش و هزینه مسلماً مقدار همه متغیرها ۱ نمی‌شود و به دلیل ایجاد توازن بین ارزش و هزینه بعضی از متغیرها با مقدار صفر ظاهر خواهند شد. برای این کار از پارامترهای ارزش و هزینه که در مرحله قبل با استفاده از نقشه‌های شناختی فازی تعیین شد، استفاده گردید. با توجه به این که دو تابع هدف در این مدل لحاظ شده و امکان حل مدل با بیش از یک تابع هدف به صورت هم‌زمان وجود ندارد، لذا از رویکرد وزن‌دهی برای تبدیل توابع هدف به یک تابع هدف استفاده می‌شود. برای این منظور، به هر یک از توابع هدف، وزن‌های w_1 و w_2 به ترتیب ۰٫۶ و ۰٫۴ اختصاص می‌یابد. با توجه به این که در مدل ارزش‌ها اهمیت بیشتری نسبت به هزینه‌ها دارند، تابع هدف مربوط به ارزش‌ها وزن بیشتری اختصاص می‌دهیم.

$$Max Z = w_1 (\sum_i \sum_m z_{im} * V_{im} + \sum_j \sum_k z'_{jk} * V'_{jk} + \sum_i \sum_j x_{ij} * VV_{ij} + \sum_j \sum_h y_{jh} * VV'_{jh}) - w_2 (\sum_i \sum_m z_{im} * C_{im} + \sum_j \sum_k z'_{jk} * C'_{jk} +$$

شبکه مذکور را بررسی نمودیم. این نمونه‌ها دارای مسیرهای تصادفی هستند که جهت مقایسه با مدل بهینه انتخاب گردید هدف از بررسی مدل‌های تصادفی این بود که نشان دهیم مدل بهینه دارای تفاوت معنادار با مدل‌های تصادفی است. همان‌گونه که خروجی‌های سه مدل تصادفی نشان داد، مقادیر ارزش و هزینه اختلاف معناداری در هر سه مدل با مقادیر بهینه در مدل اصلی داشت. با این‌که ارزش در این سه مدل تصادفی مقدار کمتری در تابع هدف نهایی نسبت به مدل بهینه به خود اختصاص داده، اما مقادیر هزینه به‌صورت محسوسی کاهش یافته است. این مقایسه اولاً نشان داد که مقدار تابع هدف در مدل بهینه بهتر از مقدار آن در مدل‌های تصادفی بود و ثانیاً تفاوت بین نمونه‌های تصادفی و مدل بهینه قابل تأمل و معنی دار است. به منظور بررسی تغییرات توابع هدف، با

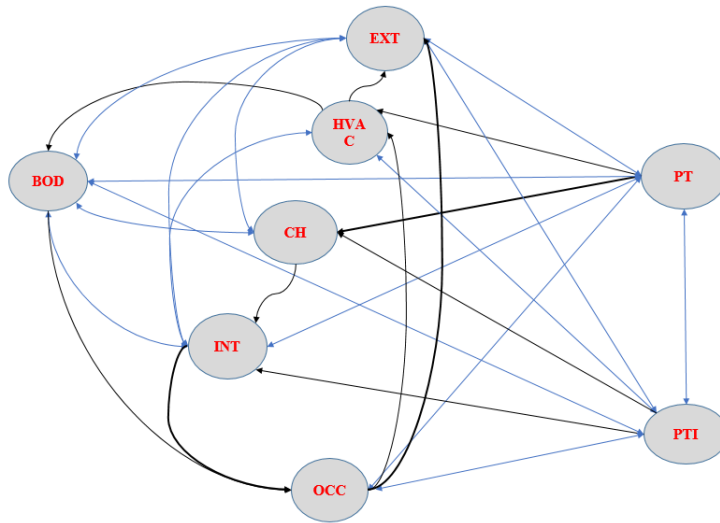
ایجاد تغییر در مقادیر اوزان اختصاص یافته به هر تابع هدف، مقادیر توابع هدف بررسی شده است. مدل نهایی شبکه همکاری‌های فناورانه برحسب هزینه و ارزش به صورت نمودار ۲ نمایش داده می‌شود. در این نمودار همان‌طور که مشخص است علاوه بر روابط موجود بین سطوح مختلف شبکه، روابط درون و برون شبکه‌ای شکل گرفته است. در این مدل سه لایه مختلف شبکه‌های به هم مرتبط تعریف شده که عبارتند از: توسعه‌دهندگان؛ لایه اول شبکه، مجموعه‌سازان؛ لایه دوم شبکه و خودروساز؛ لایه سوم شبکه. روابط بین لایه‌های مختلف را روابط بین شبکه‌ای نامیده‌ایم. این لایه‌ها درون خود دارای شبکه‌ای از روابط هستند که ما آن را روابط دورن شبکه‌ای می‌نامیم. در نمودار ۲ این روابط مشخص گردیده که براساس نتایج حاصل از مرحله دوم مدل‌سازی بدست آمده است.



نمودار ۲: مدل بهینه شبکه همکاری‌های فناورانه در تحقیق و توسعه خودرو

حالی که این روابط بین شبکه توسعه‌دهندگان و خودروسازان به صورت یک طرفه و تنها از طریق گره‌های موتور، متعلقات موتور، بدنه و اجزاء خارجی شکل گرفته است. در نمودار ۲ تنها روابط بین گره‌های اصلی شبکه مجموعه‌سازان جهت نشان دادن مسیرهای ارتباطی با شبکه خودروسازان نمایش داده شده و روابط کامل در این شبکه (مجموعه‌سازان) در نمودار ۳ مشخص گردیده است.

همان گونه که در نمودار ۲ مشخص است، روابط در سه سطح شبکه توسعه‌دهندگان، مجموعه‌سازان و خودروسازان شکل گرفته به نحوی که روابط درون شبکه‌ای در سطح توسعه‌دهندگان به صورت دوطرفه است و در بین شبکه توسعه‌دهندگان با شبکه مجموعه‌سازان به صورت یک طرفه است. همچنین روابط بین گره‌های مختلف در سطح شبکه مجموعه‌سازان به صورت یک طرفه (به رنگ سیاه) و دوطرفه (به رنگ آبی) وجود دارد در



نمودار ۳: مدل بهینه شبکه مجموعه سازان

با این که ارزش در این سه مدل تصادفی مقدار کمتری در تابع هدف نهایی نسبت به مدل بهینه به خود اختصاص داده، اما مقادیر هزینه به صورت محسوسی کاهش یافته است. این مقایسه اولاً نشان داد که مقدار تابع هدف در مدل بهینه بهتر از مقدار آن در مدل های تصادفی بود و ثانیاً تفاوت بین نمونه های تصادفی و مدل بهینه قابل تأمل و معنی دار است.

۵. بحث و نتیجه گیری

براساس یافته های تحقیق می توان گفت همکاری های فناورانه براساس مشارکت بین بازیگران مختلف شبکه تحقیق و توسعه خودرو شکل گرفته و منجر به شکل گیری شبکه با

مدل بهینه علاوه بر نشان دادن روابط بهینه و مسیر بهینه در شبکه مقدار هزینه و ارزش بهینه را نیز مشخص نموده است. علاوه براین هر یک از مسیرها دارای مقدار مشخصی از هزینه و ارزش بوده که مقادیر بهینه آن مسیر را نشان می دهد.

به منظور بررسی اعتبار مدل ریاضی پیشنهادی، سه نمونه تصادفی از شبکه مذکور بررسی نمودیم. این نمونه ها دارای مسیرهای تصادفی هستند که جهت مقایسه با مدل بهینه انتخاب گردید هدف از بررسی مدل های تصادفی این بود که نشان دهیم مدل بهینه دارای تفاوت معنادار با مدل های تصادفی است. همان گونه که خروجی های سه مدل تصادفی نشان داد، مقادیر ارزش و هزینه اختلاف معناداری در هر سه مدل با مقادیر بهینه در مدل اصلی داشت.

مختصات بهینه در این تحقیق گردیده است، این نتایج در تحقیقات پیشین نیز نشان دهنده اهمیت مشارکت در تحقیق توسعه می باشد. چسبرو و واناوریک (۲۰۰۶) با بررسی بازارهای میانی (جایی که فناوری هایی که برای شرکت دارای اهمیت هستند) به اهمیت مشارکت در نوآوری تأکید نموده و نشان داده که افزایش هزینه های توسعه فناوری و کاهش زمان چرخه عمر محصول و نیز ناپایداری مدل های (نوآوری) بسته، شرکت ها را به سوی نوآوری باز هدایت می کند، کسب و کارهای باز منجر به خلق منابع بیشتری برای درآمدها شده و هزینه و زمان را از طریق به کارگیری منابع بیرون کاهش می دهند. در یافته های مدل تحقیق حفظ پلتفرم به عنوان یک کل در خودروسازی و به عنوان یک جزء در شبکه تحقیق و توسعه از اهمیت خاصی برخوردار است و نتایج نهایی (ارزش و هزینه) شبکه را منعکس می نماید. در همین راستا چسبرو (۲۰۰۳) خلق ارزش برخاسته از انطباق با طرف های سوم را با اهمیت خاصی نشان داده و کسب و جذب ارزش برای پایداری پلتفرم را حیاتی دانسته است. باتوجه به شکل گیری انقلاب فناوری ارتباطات و استفاده از آن در تسهیل روابط خودرو با خارج، پلتفرم های باز عمدتاً باهدف بهبود عملکرد خودرو شکل گرفته و ضمن ادغام امکانات نرم افزاری و سخت افزاری به خودرو امکان برقراری ارتباط با خارج را

می دهند. در مدل تحقیق نشان دادیم که توسعه دهندگان در بخش های مختلف الکتریکی و الکترونیکی ارتباط خود را با شبکه مجموعه سازان جهت توسعه نرم افزار و سخت افزار مناسب در پلتفرم خودرو برقرار نموده اند. بر این اساس مطابق نظر هیرث، هوسفلد و ترن-ژیان (۲۰۱۱) پلتفرم های باز امکانات جدید بی شماری را برای خودروسازان فراهم می کنند تا بین خودرو با دنیای خارج ارتباطی پایدار، معنادار و تعاملی برقرار کنند. شبکه همکاری های فناورانه در تحقیق توسعه خودرو براساس مدل هل و همکاران (۲۰۱۱) شامل سه دسته کلی بازیگران مانند توسعه دهندگان، خودروسازان و طرف های سوم می باشد.

براساس یافته های تحقیق مشارکت های فناورانه جهت شکل دهی به پلتفرم منبع باز سخت افزاری در یک شبکه ای از جوامع مختلف شکل گرفته که به آن جامعه باز می گویند. این ارتباطات نهایتاً در قالب مشارکت جهت توسعه پک پلتفرم مشترک خود را نشان می دهد و با ارزش و هزینه مشخص، مسیر بهینه در شبکه را معین می کند. براین اساس مشارکت باز مجموعه ای از اصول را تعریف و مبانی لازم برای کسب حداکثر بازده نوآوری و تولید را معین می کند. مبانی لازم بر آن را از طریق مشاهده نمونه ها می توان در اندازه ارزش ایجادشده، میزان

تبادل و تعاملات صورت گرفته، کاهش عدم هماهنگی‌ها و مقدار هزینه بهره‌برداری از دستاوردها تعریف نمود. چنانچه لوین و پری‌تالا (۲۰۱۴) بیان می‌دارد زمانی که به عملکرد می‌اندیشیم، می‌توان مدلی محاسباتی را تدوین نمود که نظریه‌ی نوآوری را که مبتنی بر شواهد است با همکاری انسان‌ها آمیخت (Levine & Prietula, ۲۰۱۴). براین اساس سه عنصر در زمینه عملکرد می‌تواند دخیل باشد؛ «همکاری مشارکت‌جویانه»، «تنوع نیازها و حدی از رقابت در کالاهای» و نهایتاً «محصولات در بازار رقابتی».

در تحقیق حاضر ارتباط بین توسعه دهندگان با خودروسازان از طریق مجموعه سازان برقرار گردیده که در مدل‌های پیشین وجود ندارد. همچنین روابط بین توسعه دهندگان، مجموعه سازان و خودروسازان با خود و سایر شبکه‌ها براساس ارزش و هزینه در این تحقیق مشخص گردید. براساس یافته‌های تحقیق عملکرد شبکه تحقیق و توسعه (افزایش ارزش و کاهش هزینه) در یک ارتباط چند لایه بین ذینفعان مختلف بهینه گردید. در مدل بهینه، علاوه بر لایه‌های مختلف شبکه تحقیق و توسعه روابط بهینه نیز مشخص گردیده است. به‌منظور خلق ارزش در شبکه پیشنهاد می‌شود نقش و اهمیت بازیگران مختلف باتوجه به تأثیرگذاری در کل شبکه تعیین گردد. در صورت شکل‌گیری یک مشارکت مبتنی بر

همکاری در شبکه‌های داخلی (توسعه‌دهندگان، مجموعه‌سازان و خودروسازان) براساس مدل بهینه می‌توان انتظار حداکثر ارزش و حداقل هزینه را در خصوص عملکرد شبکه انتظار داشت و باتوجه به کارکرد اصلی پلتفرم مسیر بهینه را تعیین نمود.

در این تحقیق شبکه همکاری‌های فناورانه شامل دو بخش کلی مشارکت‌کنندگان (توسعه‌دهندگان، مجموعه‌سازان و خودروسازان) و مفاهیم/مؤلفه‌ها (مکانیکی، الکتریکی، الکترونیکی، پلیمری/شیمیایی، موتور، اجزاء و بخش‌های منفصله موتور، شاسی، سیستم تهویه، تزئینات و اجزاء داخلی، بدنه، اجزاء خارجی، اجزاء الکتریکی/الکترونیکی و پلتفرم) دسته‌بندی گردید. یافته‌های مربوط به مدل‌سازی ریاضی شبکه همکاری‌های فناورانه تحقیق و توسعه خودرو با استفاده از دو پارامتر ارزش و هزینه در حالت بیشینه ارزش و کمینه هزینه مدل بهینه گردید. علاوه بر روابط موجود بین سطوح مختلف شبکه (روابط بین شبکه‌ای)، روابط درون شبکه‌ای که نشان‌دهنده ارتباط بین بازیگران مختلف هر سطح از شبکه است نیز برقرار گردیده است.

به دلیل عدم دسترسی به داده‌های واقعی عملکرد تحقیق و توسعه، پارامترهای ارزش و هزینه به صورت کلی تعریف شده و مقادیر آنها

از طریق داده‌های بیانی (نظرات خبرگان) استخراج گردید. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی با استفاده از داده‌های واقعی عملکردی در شبکه تحقیق و توسعه، مدل پیشنهادی تحقیق جهت تعیین مسیرهای بهینه و تعریف شبکه تحقیق و توسعه در سایر جوامع آماری بکار گرفته شود.

منابع

الف- فارسی

خمسه، عباس؛ گودرزی، مریم؛ اصغری، مریم (۱۳۹۸). شناسایی عوامل کلیدی موفقیت همکاری های R&D با رویکردی به آینده در زنجیره تامین گروه مپنا، فصلنامه آینده پژوهی مدیریت، سال سی ام، شماره ۱۱۸.

ب- انگلیسی

۵. Bresnahan, T. F., & Greenstein, S. (1999). Technological competition and the structure of the computer industry. *The Journal of Industrial Economics*, 47(1), 1-40.
۶. Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
۷. Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W., & West, J. (Eds.). (2006). *Open innovation: Researching a new paradigm*. Oxford University Press on Demand.
۸. Ehls, D. (2014). Open Source Innovation. In *Joining Decisions in Open Collaborative Innovation Communities* (pp. 7-42). Springer Gabler, Wiesbaden.
۹. Enkel, E., Gassmann, O., & Chesbrough, H. (2010). Open source hardware? *Journal of Open Hardware*, 1(1), pp. 1-18.
۱. Almirall, E. Casadesus-Masanel, R. (2010). Open versus closed innovation: a model for discovery and divergence. *Academy of Management Review*, 35(1).
۲. Balka, K., Raasch, C., & Herstatt, C. (2010). How open is open source? –Software and beyond. *Creativity and Innovation Management*, 19(3), 248-256.
۳. Balka, K., Raasch, C., & Herstatt, C. (2014). The effect of selective openness on value creation in user innovation communities. *Journal of Product Innovation Management*, 31(2), 392-407.
۴. Bonvoisin, J., Mies, R., Boujut, J. F., & Stark, R. (2017). What is the

- T. (2010). Next generation of automotive security: Secure hardware and secure open platforms. In 17th ITS World Congress.
۱۴. Harhoff, D., Henkel, J., & Von Hippel, E. (2003). Profiting from voluntary information spillovers: how users benefit by freely revealing their innovations. *Research policy*, 32(10), 1753-1769.
۱۵. Herstatt, C., & Ehls, D. (2015). *Open Source Innovation: The Participant's Behaviour, Business Implications*, Routledge.
۱۶. Hirth, M. Hobfeld, T. Tran-Gia, P. (2015). Anatomy of a Crowdsourcing Platform - Using the Example of Microworkers.com Archived 2015-11-22 at the Wayback Machine, 5th IEEE International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in (2009). Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon. *R&d Management*, 39(4), ۳۱۱-۳۱۶.
۱۰. Gawer, Annabelle, (2009). *Platforms, Markets and Innovation*, Cheltenham, UK and Northampton, US: Edward Elgar.
۱۱. Geyer, M., Reise, C., Manav, F., Schwenke, N., Böhm and S., Seliger, G. (2012) Open design for manufacturing – Best practice and future challenges (2012) 10th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Istanbul, Turkey, 31 September - 2 November.
۱۲. GLOBAL R&D FUNDING FORECAST, (2020). Global R&D investments unabated in spending growth, <https://www.rdworlondonline.com/global-rd-investments-unabated-in-spending-growth/>
۱۳. Groll, A., Holle, J., Wolf, M., & Wollinger,

- and innovation. *Journal of Knowledge Management*.
۲۰. KPMG, (2018). Available at: www.tradeandindustrydev.com/industry/automotive/auto-industry-innovation-collaboration-and-transfo-14170
۲۱. Le Rhun, J., Girbal, S., & Pérez, D. G. (2020, June). Open Source Hardware: An Opportunity For Critical Systems. In *2020 50th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN-W)* (pp. 63-65). IEEE.
۲۲. Levine, S. & Prietula, M. J. (2014). Open Collaboration for Innovation: Principles and Performance. *Organization Science*, ۲۵(۵), ۱۴۱۴-۱۴۳۳.
۲۳. Levine, S. & Prietula, M. J. (2014). Open Collaboration for Innovation: Principles and Performance. *Organization Science*, ۲۵(۵), ۱۴۱۴-۱۴۳۳.
- Ubiquitous Computing, doi:10.1109/IMIS.2011.۸۹.
۱۷. Holle, Jan; Groll, André; Ruland, Christoph; Cankaya, Hakan; Wolf, Marko (2011). OPEN PLATFORMS ON THE WAY TO AUTOMOTIVE PRACTICE, 8th ITS European Congress.
۱۸. Ivanov, V., Augsburg, K., Savitski, D., Schreiber, V., Els, S. and Dhaens, M., 2017, February. Collaborative engineering of integrated chassis control for ground vehicle: Case study of lifelong learning technologies in automotive mechatronics. In *2017 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM)* (pp. 449-454). IEEE.
۱۹. Jimenez-Jimenez, D., Martínez-Costa, M. and Rodriguez, C.S., 2019. The mediating role of supply chain collaboration on the relationship between information technology

- Open Hardware*, 1(1), ۲.
۳۰. Pedersen, K. (2020). What can open innovation be used for and how does it create value?. *Government Information Quarterly*, 37(2), ۱۰۱۴۵۹.
۳۱. Piller, Frank T., (2010). Open Innovation with Customers: Crowdsourcing and Co-Creation at Threadless, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1688018> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1688018>
۳۲. Raasch, C. and Herstatt, C. (2011) Product Development in Open Design Communities: A Process Perspective, *International Journal of Innovation and Technology Management*, Vol. 8, No. 4, pp. 557-575.
۳۳. Rajan, R., Dhir, S. and Sushil, (2020), "Technology management for innovation in organizations: an argumentation-based modified TISM approach", *Benchmarki*
۲۴. Levine, S.S. and Prietula, M.J., 2014. Open collaboration for innovation: Principles and performance. *Organization Science*, 25(5), pp.1414-1433.
۲۵. Li, D. and Gao, H., ۲۰۱۸. A hardware platform framework for an intelligent vehicle based on a driving brain. *Engineering*, 4(4), pp.464-470.
۲۶. Newman, M. (2018). *Networks*. Oxford university press.
۲۷. OECD, GDP Growth, Fourth quarter of 2017, [https://www.oecd.org/economy/gdp-growth-fourth-quarter-2017-oecd.htm#:~:text=Year%۲Don%۲Dyear%۲۰GDP%20growth,slowest%۲۰annual%۲۰growth%۲۰\(۱,۵%۲۵\)](https://www.oecd.org/economy/gdp-growth-fourth-quarter-2017-oecd.htm#:~:text=Year%۲Don%۲Dyear%۲۰GDP%20growth,slowest%۲۰annual%۲۰growth%۲۰(۱,۵%۲۵)).
۲۸. Ostrowski, A.K., Pokorni, B. and Schumacher, S., 2020. Participatory Design for Digital Transformation of Manufacturing Enterprises.
۲۹. Pearce, J. M. (2017). Emerging business models for open source hardware. *Journal of*

- and Chesbroughde, H. (April 3, 2014). Open Innovation: The Next Decade, *Research Policy*, 43 (5), pp: 805-811.
۳۸. West, J., & O'mahony, S. (2008). The role of participation architecture in growing sponsored open source communities. *Industry and innovation*, 15(2), ۱۴۵-۱۶۸.
۳۹. Wheelwright, S. C., & Clark, K. B. (1992). Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality. Simon and Schuster.
۴۰. Wu, J., (2012), Technological collaboration in product innovation: The role of market competition and sectoral technological intensity. *Research Policy*, 41(2), pp.489-۴۹۶.
۴۱. Yuanwen Wayne Liu, (2009). The Implication of Open Innovation and Open Source to Mobile Device Manufacturers; 'Master of Science in Engineering and Management' MIT press.
- ng: An International Journal*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/BIJ-01-2020-0019>
۳۴. Salisu, Y. & Bakar, L. J. A. (2018). Technological collaboration, technological capability and SMEs product innovation performance. *International Journal of Management Research and Reviews*, 8(2), 1-۱۲.
۳۵. Trade & Industry Development, (2018). Available at: www.tradeandindustrydev.com/industry/automotive/auto-industry-innovation-collaboration-and-transfo-14170
۳۶. Waguespack, D. M., & Fleming, L. (2009). Scanning the commons? Evidence on the benefits to startups participating in open standards development. *Management Science*, 55(2), ۲۱۰-۲۲۳.
۳۷. West, J. Salter, A. Vanhaverbekecef, W.

۴۲. Yun, J. J., Zhao, X. ,
Jung, K., & Yigitcanlar,
T. (2020). The culture
for open innovation
dynamics.

Network Modeling for Automotive Research and Development Community Based on an Open Hardware Platform at SAIPA Group

Abstract

Companies and technical communities always work together to create standards, a common infrastructure and use the results of innovation. These collaborations can be called in the framework of information sharing for designing hardware and other physical objects as technological collaborations. The entities that should participate in this particular platform and the relationship model between them are unknown. The aim of this study was identifying technological collaborations in the automotive research and development network and developing model of relationships between the various components of the network. The research and development network in Saipa Group was selected as this research case, which included different levels of developers, aggregators and automakers. In order to conduct the research, Fuzzy Cognitive Maps and mathematical model for Multilayer Networks were used according to the type of data in each phases. According to the research findings, the network of technological cooperation in automotive research and development includes three groups of developers (with reciprocal relationship), aggregators (existence of with reciprocal relationship between some members) and automaker. Communications between different members were formed as intra-group and inter-group in terms of cost and value, and according to the optimal model of these connections, it creates effects that lead to the formation of a common platform with minimum cost and maximum value for vehicle research and development.

Keywords: Automotive Research and Development, Technological Collaborations, Common Platform, Open Source Hardware, Open Design, Multilayer Networks, Fuzzy Cognitive Maps.