

Modeling the Relationships Among Effective Factors of Agile Family Product Development: A Case Study of SAIPA Company

Hamidreza Amini¹, Roksana Fekri^{2,*}, Fahimeh Soltanian³

¹ M.Sc. Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

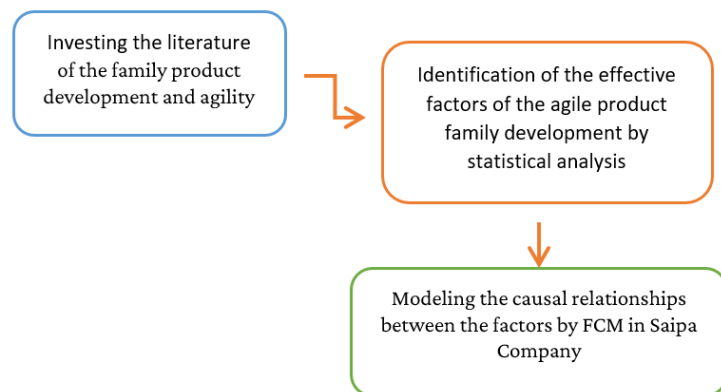
² Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

³ Associate Professor, Department of Mathematics, Faculty of Basic Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran

HIGHLIGHTS

- Reviewing the literature related to product family development and agility
- Identifying the factors influencing agile product family development through statistical analysis
- Modeling the causal relationships among the factors affecting agile new product development using the fuzzy concept mapping method in SAIPA

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 21 February 2026

Revised: 28 April 2026

Accepted: 12 May 2026

Available online: 12 May 2026

*Correspondence: r.fekri@pnu.ac.ir

How to cite this article:

Amini, H., Fekri, R., & Soltanian, F. (2026). Modeling the relationships among effective factors of agile family product development: a case study of SAIPA company. *System Engineering and Productivity*, 6 (4), 81-103.

Keywords:

Product Family development process

Agility

The cause-and-effect model

Fuzzy Cognitive Mapping (FCM)

SAIPA Auto Company

ABSTRACT

In today's competitive landscape, manufacturing companies face increasing pressure to rapidly meet customer needs while simultaneously reducing costs and shortening product life cycles. As a strategic response to this situation, the concept of Agile Product Family Development has emerged, enabling companies to produce various related products that share common components, in order to capture different market segments more quickly and ahead of competitors. However, the effectiveness of this process is often constrained by a lack of understanding of the causal relationships among its influencing factors. This study seeks to bridge this gap by focusing on the automotive industry, and in particular the Iranian automaker SAIPA. The first objective of the research was to identify the critical success factors of the product family development process, and then to model the causal relationships among these factors in order to develop a roadmap for enhancing agility in product family development in the Iranian automotive sector. The research is applied in nature and employs a descriptive-survey method. Through a review of the literature, 29 key factors in agile product family development were identified and classified into five main groups. Subsequently, the fuzzy concept mapping method was used to model the causal relationships among the identified factors, based on responses collected from questionnaires distributed to 16 managers and expert specialists at SAIPA. The proposed model suggests that by focusing on the causal relationships embedded in the model, managers can respond to customer needs while maintaining high quality, low cost, and short product development cycles.

1. Introduction

Manufacturing firms in highly competitive markets must respond rapidly to heterogeneous customer requirements while controlling costs and shortening development cycles, which has led to widespread interest in agile product development and, in particular, agile product family development (APFD) (Vinodh et al., 2012; Heimicke et al., 2021; Varl et al., 2020). Product families allow firms to exploit common platforms and modules to offer differentiated variants efficiently (Jiao et al., 2007; Raatikainen et al., 2008), but the success of APFD depends on a complex network of organizational, process, technological, and market-related factors whose causal relationships are not yet fully understood. Prior studies have examined agility in new product development and agile product development in various industries (Altuwajri & Ferrario, 2022; Heimicke et al., 2021), but they often treat influential factors in isolation or use linear cause-effect modeling techniques that do not adequately capture feedback and nonlinearity (Fekri et al., 2009). In the Iranian automotive industry, and specifically at SAIPA Company, these challenges are exacerbated by intense competition, demand volatility, and pressure to upgrade product portfolios under cost and time constraints (Kordbacheh et al., 2022; Kordbacheh et al., 2023). This research addresses these gaps by identifying key factors affecting agile family product development at SAIPA and modeling their causal relationships using Fuzzy Cognitive Maps (FCM), thereby providing a managerial roadmap for enhancing agility in product family development (Rodriguez-Repiso et al., 2007).

2. Methodology

The research is applied in purpose and adopts a descriptive-survey design to structure data collection and model building around an industrial case study of SAIPA Company, one of the major Iranian automotive manufacturers. The study begins with an extensive literature review on agile product development, product family design, and related organizational and technological enablers (Jiao et al., 2007; Vinodh et al., 2012; Varl et al., 2020). On this basis, 29 factors influencing agile family product development are identified and grouped into five main dimensions, which encompass strategic, organizational, process, technological, and supply-chain/customer-related aspects of agility in product family development (Heimicke et al., 2021). These factors are refined and validated through expert consultation and then operationalized in a structured questionnaire designed to elicit pairwise causal assessments among factors from knowledgeable informants (Fekri et al., 2009). The

sample consists of 16 experts, including senior managers, middle managers, and experienced staff from relevant departments within SAIPA, who possess deep familiarity with product development processes, platform strategies, and organizational practices.

To model the complex network of influences among the 29 factors, the study employs the Fuzzy Cognitive Map approach, which is well suited for representing systems where variables interact through weighted causal relationships under uncertainty (Rodriguez-Repiso et al., 2007). FCMs extend traditional cognitive maps by allowing fuzzy weights, thereby capturing imprecise expert judgments on the strength and direction of causal effects, and have been applied successfully in domains such as IT project success and risk analysis (Schneider et al., 1998; Rodriguez-Repiso et al., 2007). In this research, experts evaluate the influence of each factor on other factors using linguistic terms that are subsequently translated into fuzzy numerical weights, forming an initial adjacency matrix for the cognitive map. Individual cognitive maps are aggregated into a collective FCM representing the shared mental model of the expert group, and the resulting network is analyzed to derive centrality measures, cause-effect classification, and scenario-based simulations of factor activation levels (Schneider et al., 1998).

3. Results and Discussion

The FCM analysis reveals that not all of the 29 identified factors contribute equally to agile family product development; several emerge as primary drivers with high out-degree (causal) centrality, while others appear predominantly as effect or outcome variables with high in-degree centrality (Fekri et al., 2009). Strategic orientation toward agility in product family development, top management support, and an integrated product family platform strategy are among the most influential drivers (Jiao et al., 2007; Raatikainen et al., 2008), exerting strong positive effects on downstream factors such as cross-functional collaboration, modular product architecture, and responsiveness to customer needs (Humpert et al., 2022). Organizational flexibility, including adaptive structures and agile decision-making processes, also demonstrates significant causal power (Heimicke et al., 2021).

The model additionally highlights critical dependent factors that encapsulate the overall performance of agile product family development at SAIPA, including reduction in product development lead time, improvement in quality and reliability across the family, cost efficiency through reuse of common modules, and enhanced responsiveness to diverse

customer requirements (Vinodh et al., 2012; Varl et al., 2020).

4. Conclusions

Simulation of the FCM indicates that activating key drivers produces substantial positive changes in these outcome variables at equilibrium. The resulting causal model offers managers a prioritized roadmap while respecting the constraints and realities of the Iranian automotive configuration. This model can help production managers understand how, by concentrating on the causal factors, they can achieve a high degree of efficiency and effectiveness in production outputs.

Funding

This research received no external funding.

Author contributions

All authors have had equal roles and contributions to the article.

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest associated with this research.

Acknowledgments

The authors would like to express their sincere appreciation to the managers and expert staff of SAIPA Company for their valuable cooperation in completing the questionnaires. The authors also gratefully acknowledge the editorial and executive staff of the Journal of Systems Engineering and Productivity for their support and assistance.

References

- Altuwaijri, F. S., & Ferrario, M. A. (2022). Factors affecting Agile adoption: An industry research study of the mobile app sector in Saudi Arabia. *Journal of Systems and Software*, 190, 111347. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111347>
- Fekri, R., Aliahmadi, A., & Fathian, M. (2009). Identifying the cause and effect factors of agile NPD process with fuzzy DEMATEL method: the case of Iranian companies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(6), 637-648. <https://doi.org/10.1007/s10845-008-0153-x>
- Heimicke, J., Kaiser, S., & Albers, A. (2021). Agile product development: an analysis of acceptance and added value in practice. *Procedia CIRP*, 100, 768-773. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.046>
- Humpert, L., Röhm, B., Anacker, H., Dumitrescu, R., & Anderl, R. (2022). Method for direct end customer integration into the agile product development. *Procedia Cirp*, 109, 215-220. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.239>
- Jiao, J., Simpson, T. W., & Siddique, Z. (2007). Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review. *Journal of intelligent Manufacturing*, 18(1), 5-29. <https://doi.org/10.1007/s10845-007-0003-2>
- Kordbacheh, M., Fekri, R., & Esmaeilian, G. (2022). Presenting a model for determining and discovering the causal relationships between the effective risks of the product family developing process in the Iranian automotive industry. *Journal of Modeling in Engineering*, 20(68), 15-34 (In Persian). <https://doi.org/10.22075/jme.2021.23623.2103>
- Kordbacheh, M., Roksana, F., & Esmaeilian, G. (2023). Providing a causal model of risk management in the product family development process by grounded theory and structural equation modeling: Case study, The Iranian automotive industry. *Journal of Improvement Management*, 17(1), 137-162 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jmi.2023.385268.2914>
- Raatikainen, M., Rautiainen, K., Myllärniemi, V., & Männistö, T. (2008, May). Integrating product family modeling with development management in agile methods. In *Proceedings of the 1st international workshop on Software development governance* (pp. 17-20). <https://doi.org/10.1145/1370720.1370728>
- Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. L. (2007). Modelling IT projects success with fuzzy cognitive maps. *Expert systems with applications*, 32(2), 543-559. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.01.032>
- Schneider, M., Shnaider, E., Kandel, A., & Chew, G. (1998). Automatic construction of FCMs. *Fuzzy Sets and Systems*, 93(2), 161-172. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(96\)00218-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00218-7)
- Varl, M., Duhovnik, J., & Tavčar, J. (2020). Agile product development process transformation to support advanced one-of-a-kind manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(6), 590-608. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1775301>
- Vinodh, S., Selvaraj, T., & Praveen, T. (2012). Design and development of agile product development cycle for rotary switches. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 10(3), 380-396. <https://doi.org/10.1108/17260531211274738>

مدلسازی روابط بین عوامل مؤثر بر فرآیند توسعه خانواده محصول چابک (مطالعه موردی: شرکت سایپا)

حمیدرضا امینی^۱، رکسانا فکری^۲، فهیمه سلطانیان^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

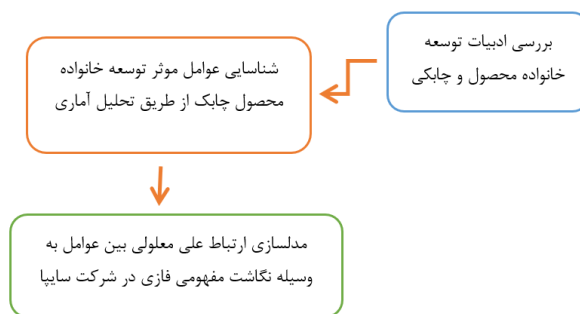
^۲ دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۳ دانشیار، گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

برجسته‌ها

- بررسی ادبیات مربوط به توسعه خانواده محصول و چابکی
- شناسایی عوامل مؤثر بر توسعه خانواده محصول چابک از طریق تحلیل آماری
- مدلسازی روابط علی و معلولی بین عوامل مؤثر بر توسعه محصول جدید چابک با استفاده از روش نگاشت مفهومی فازی در شرکت سایپا

چکیده گرافیکی



مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲

بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۸

پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۲

ارائه برخط: ۱۴۰۵/۰۲/۲۲

*نویسنده مسئول:

r.fekri@pnu.ac.ir

کلیدواژه‌ها:

فرآیند توسعه خانواده محصول

چابکی

مدل علی معلولی

روش نگاشت مفهومی فازی

شرکت خودروسازی سایپا

چکیده

در چشم‌انداز رقابتی امروز، شرکت‌های تولیدی با فشارهای فزاینده‌ای برای تأمین سریع نیازهای مشتریان، هم‌زمان با کاهش هزینه‌ها و کاهش چرخه عمر محصول مواجه هستند. در پاسخ استراتژیک به این وضعیت، مفهوم «توسعه خانواده محصول چابک» مطرح شده است تا به شرکت‌ها امکان دهد انواع مختلفی از محصولات مرتبط را که اجزای مشابهی دارند تولید کنند؛ بدین منظور که بتوانند بخش‌های مختلف بازار را سریع‌تر و پیش از رقبا جذب کنند. با این حال، کارآمدی این فرآیند معمولاً به دلیل عدم درک روابط علی و معلولی بین عوامل مؤثر بر آن محدود شده است. این مطالعه با تمرکز بر صنعت خودروسازی و به‌ویژه شرکت خودروسازی ایرانی سایپا درصدد رفع این شکاف است. اولین هدف این پژوهش، شناسایی عوامل کلیدی موفقیت در فرآیند توسعه خانواده محصول بود و سپس، مدلسازی روابط علی و معلولی بین این عوامل به‌منظور تدوین یک نقشه راه برای افزایش چابکی در توسعه خانواده محصول در بخش خودروسازی ایران. روش تحقیق، کاربردی بود و از روش توصیفی-پیمایشی در آن استفاده شد. با مرور ادبیات، ۲۹ عامل کلیدی در توسعه خانواده محصول چابک شناسایی شد که در پنج گروه اصلی طبقه‌بندی شدند. سپس، روش نگاشت مفهومی فازی برای مدلسازی روابط علی و معلولی بین عوامل شناسایی شده، بر اساس پاسخ‌های گردآوری شده از پرسش‌نامه‌های توزیع شده بین ۱۶ نفر از مدیران و کارشناسان خبره شرکت سایپا به‌کار گرفته شد. مدل ارائه شده به مدیران پیشنهاد می‌کند که با تمرکز بر روابط علی و معلولی موجود در مدل، بتوانند به نیازهای مشتریان، با حفظ کیفیت بالا، هزینه پایین و چرخه توسعه محصول کوتاه، پاسخ دهند.

۱- مقدمه

به نتایج مورد انتظار می‌شود؛ بنابراین، با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان پیشنهادهای کاربردی به مدیران و کارشناسان صنعت خودرو ارائه کرد تا بر اساس آن، فرآیند توسعه خانواده محصول چابک را بهبود داده و در نتیجه به پیامدهای مثبتی همچون ایجاد مزیت رقابتی و سودآوری که هدف غایی تمامی مدیران سازمان‌ها است، دست یابند.

با توجه به موارد ذکرشده، اهمیت موضوع و نیز فقر مطالعاتی در این زمینه، بر آنیم که سؤال اساسی زیر را مورد بررسی قرار دهیم: «مدلسازی روابط علی-معلولی بین عوامل مؤثر بر فرآیند توسعه خانواده محصول چابک چگونه است؟» زیرا مرور تحقیقات پیشین و ادبیات موضوع نشان می‌دهد که تحقیقات متعددی در خصوص چابک‌سازی سازمان‌ها و فرآیندهای تولیدی انجام شده است، اما پژوهشی که در آن به بررسی رابطه بین عوامل توسعه فرآیند خانواده محصول چابک پرداخته و به‌گونه‌ای مدلسازی کند که چابکی و ابعاد آن را در توسعه یک دسته از محصولات مشابه با قطعات یکسان همراه با لزوم انعطاف‌پذیری بیشتر در تولید مورد بررسی قرار دهد، انجام نشده است.

در تحقیق حاضر، با بررسی عوامل توسعه خانواده محصول چابک و روابط بین این عوامل، با استفاده از روش نگاشت مفهومی فازی در شرکت سایپا، به این موضوع پرداخته خواهد شد. به‌عبارت دیگر، این پژوهش قصد دارد با شناسایی مؤلفه‌های توسعه خانواده محصول چابک، به‌گونه‌ای که متناسب با شرایط صنعت خودروسازی ایران و با مطالعه موردی شرکت سایپا باشد، یک مدل علی-معلولی بین عوامل مؤثر بر توسعه خانواده محصول چابک در این صنعت طراحی کند؛ مدلی که امکان به‌کارگیری آن در ایران، با توجه به شرایط، سیاست‌ها و امکانات کشور، وجود داشته باشد.

در ادامه، ابتدا به مرور ادبیات و مبانی نظری تحقیق پرداخته شده و عوامل مؤثر بر توسعه محصول چابک به‌طور کلی شناسایی می‌شوند. سپس در بخش روش تحقیق، چگونگی مدلسازی این عوامل در شرکت سایپا تبیین می‌شود. در قسمت یافته‌های تحقیق، روابط علی-معلولی بین عوامل در قالب مدل نگاشت مفهومی فازی معرفی می‌گردد. در بخش پایانی مقاله نیز نتایج حاصل از

فرآیند توسعه خانواده محصول که با ایجاد گروهی از محصولات مرتبط با یکدیگر، شامل اجزای ثابت و بخشی از اجزای متفاوت در هر محصول متجلی می‌شود، پاسخی به نیازهای متنوع بازار و گروه‌های مختلف مشتریان است. این فرآیند همواره شامل عوامل کمک‌کننده و مؤثر، همچنین موانع متعدد است و معمولاً عدم شناخت عوامل مسبب و روابط میان آن‌ها و نیز فرض استقلال هر عامل، منجر به کاهش اثربخشی اقدامات مدیریت ریسک و انحراف از دستیابی به نتایج مورد انتظار می‌گردد. متغیر بودن قواعد رقابتی در دنیای کسب‌وکار، رشد سریع فناوری، افزایش مخاطرات در بازارهای جهانی و تغییرات روزافزون در نیازهای مشتریان، تیم‌های توسعه محصول جدید را با فشارهای فزاینده‌ای مواجه ساخته است.

طراحی و توسعه محصول به‌صورت «خانواده محصول» به‌عنوان ابزاری مؤثر در توسعه محصول قابل استفاده است. امروزه شرکت‌ها در پی ارضای تغییرات در نیازها و سلیقه‌های هر مشتری، از طریق تکثیر محصول و بهره‌گیری از کارایی تولید انبوه هستند. پیشنهاد ایجاد قابلیت استفاده از المان‌های مشابه قابل استفاده مجدد در محصولات که در فرآیند توسعه خانواده محصول مطرح می‌شود، می‌تواند برای پاسخگویی به حجم انبوهی از تنوع در تقاضای مشتریان مورد استفاده قرار گیرد.

از سوی دیگر، چالش و دغدغه اصلی مدیران صنعت خودرو و به‌ویژه شرکت سایپا، پاسخگویی سریع به نیازهای مشتریان در مقایسه با رقبا است؛ چرا که امروزه بازار رقابت بیش از پیش گسترده شده و مشتریان دارای نیازهای متنوع‌تر و جدیدتری هستند. یکی از راه‌های پاسخگویی به این مسئله، بررسی مطالعه حاضر و شناسایی عوامل مؤثر و روابط علی-معلولی میان آن‌ها در فرآیند توسعه خانواده محصول چابک است؛ فرآیندی که با ایجاد گروهی از محصولات مرتبط با هم و به‌کارگیری اجزای ثابت در هر محصول، در پی ارائه پاسخی سریع به نیازهای متنوع بازار و گروه‌های مختلف مشتریان است.

همواره عواملی در صنایع مختلف بر این فرآیند مؤثرند که عدم شناخت این عوامل و روابط میان آن‌ها، همچنین عدم توجه کافی به ریسک‌های موجود در این مسیر، منجر به کاهش اثربخشی اقدامات مدیریتی و انحراف از دستیابی

- تکمیل ماتریس توسعه قطعات (شناسایی مشخصات طراحی قطعات، رتبه بندی مشخصات طراحی قطعات)
- طراحی خانواده محصول برای گروه های مختلف مشتریان (طراحی محصول عمومی، طراحی خانواده برای هر گروه از مشتریان)
- تجزیه و تحلیل نتایج طراحی خانواده محصول (معیار درصد اشتراک پذیری، معیار کاهش هزینه و معیار درصد رضایتمندی)
- طراحی ساختار بخش بندی استاندارد محصول (ماتریس ساختار طراحی، بخش بندی استاندارد کردن قطعات و تحلیل بخش بندی استاندارد محصول)
- تکمیل ماتریس طراحی فرآیند
- تکمیل ماتریس برنامه ریزی تولید
- از سوی دیگر، «تولید چاپک» شامل فرآیندها و ابزارهایی در تولید محصولات است که برای پاسخ گویی سریع به نیازهای مشتریان و تغییرات بازار به کار گرفته می شود. این مفهوم یکی از مفاهیم برخاسته از «سازمان چاپک» در پاسخ به بازارهای رقابتی و سرشار از تغییر است و به عنوان یک استراتژی موفق توسط تولیدکنندگانی پذیرفته شده که خود را برای افزایش عملکرد آماده می کنند. هدف سیستم تولید چاپک، قرار دادن شرکت در جایگاهی جلوتر از رقبا است. تولید چاپک در محیط های رقابتی، نوعی توانایی در شرکت ایجاد می کند تا بتواند به تغییرات سریع بازار پاسخ دهد.

تحقیق و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه خواهد شد.

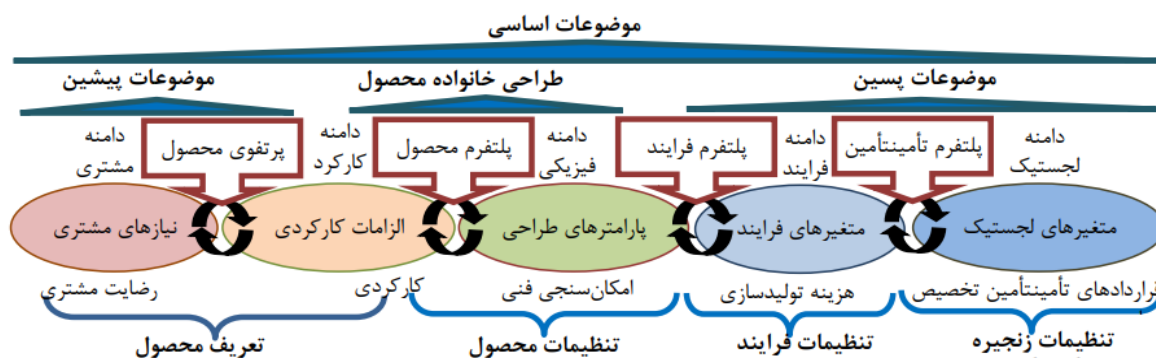
۲- ادبیات نظری و تجربی تحقیق

رقابت های بازار فشار زیادی بر شرکت ها وارد کرده و آن ها را وادار می کند تا در پی کسب مزیت از طریق توسعه محصول جدید باشند. شرکت ها در مواجهه با این چالش، به دنبال ارضای نیازهای هر مشتری از طریق تکثیر محصول و بهره گیری از کارایی فرآیند توسعه خانواده محصول به عنوان توانمندساز تحقق راهبرد «سفارشی سازی انبوه» هستند. تحقیقات نشان داده است که طراحی خانواده محصولات می تواند چنین چالشی را به درستی مدیریت کند (Kordbacheh et al., 2023).

خانواده محصول به مجموعه ای از محصولات متنوع با ماژول های مشابه گفته می شود که با رویکرد تولیدی «مونتاژ بر اساس سفارش» محقق می شوند و با توجه به تولید ماژولار، این محصولات برای پوشش نیازمندی های متنوع مشتریان مؤثرند. طراحی خانواده محصول به واسطه رویکرد مونتاژ بر اساس سفارش، نیازمند شبکه زنجیره تأمین گسترده ای است و این گستردگی شبکه، هزینه های تأمین و تولید محصول را افزایش می دهد (Pakseresh et al., 2020).

شکل ۱ مراحل نه گانه ای را که در فرآیند توسعه خانواده محصولات مورد استفاده قرار می گیرد، نشان می دهد که شامل است (Jiao et al., 2007):

- مطالعه بازار
- خوشه بندی مشتریان
- تکمیل ماتریس خانه کیفیت



شکل ۱. مراحل فرآیند توسعه خانواده محصول (Jiao et al., 2007).

Figure 1. Stages of the product family development process (Jiao et al., 2007).

مشتریان را برآورده سازد. این استراتژی برای ورود سریع به بخش‌های کوچکی از بازار به کار می‌رود که شرکت قادر به ارضای نیازها و خواسته‌های مشتری در آن‌ها است. هر سازمانی تمام تلاش خود را می‌کند تا چابک شود (Wang et al., 2020).

بررسی پیشینه تحقیق در خصوص فرآیند خانواده محصول و همچنین مفهوم چابکی، هرکدام به صورت مستقل در چند حوزه انجام شده است. در مطالعه‌ای تحت عنوان «ارائه مدلی برای کشف و بررسی ارتباطات علی بین ریسک‌های مؤثر در فرآیند توسعه خانواده محصول در صنعت خودروی ایران» پژوهشگران نشان دادند که نه تنها برای اولین بار ریسک‌های خوشه‌بندی مشتریان، ریسک فنی مشخصات طراحی قطعات و ریسک بخش‌بندی استاندارد مختص فرآیند توسعه خانواده محصول شناسایی شدند، بلکه مدیران اجرایی می‌توانند با تمرکز بر کنترل این سه ریسک که به عنوان علت یا ریسک ریشه‌ای مرحله بعد عمل می‌کنند، به موفقیت بیشتری دست یافته و این فرآیند را با اطمینان بیشتری پیش ببرند (Kordbacheh et al., 2022).

در مطالعه دیگری به پیکربندی هم‌زمان خانواده محصول و زنجیره تأمین با استفاده از نظریه بازی‌های رهبر-پیرو استکلبرگ پرداخته شد. در این مقاله، سه تابع هدف در بازآرایی هم‌زمان خانواده محصول و زنجیره تأمین، با توجه به ساختار دو سطحی بازی استکلبرگ، در نظر گرفته شدند: بیشینه‌سازی سود محصول، بیشینه‌سازی مطلوبیت مشتری و کمینه‌سازی هزینه‌های زنجیره تأمین که به عنوان توابع مهم در فرآیند توسعه خانواده محصول نقش داشتند و به عنوان توابع هدف مورد بررسی قرار گرفتند و در پایان، نتایج مدیریتی ارائه شد (Pakseresh et al., 2020).

در تحقیق دیگری، چالش‌های مربوط به توسعه خانواده محصول بررسی شد و مشخص گردید که به‌ویژه در مراحل اولیه توسعه خانواده محصول، چالش‌هایی مانند دشواری تصمیم‌گیری در ایجاد تعادل بین اهداف داخلی و خارجی، عدم همکاری و هماهنگی بین‌رشته‌ای بین شرکای درگیر، ابهام و تفسیرهای متفاوت از اطلاعات یکسان وجود دارد. همچنین عدم اطمینان مانند ناآگاهی از نیازهای آتی مشتریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سوی دیگر، چالش‌های مربوط به نوسانات نیز

چنین سازمان‌هایی محصولاتی با کیفیت بالا، بدون اشکال، با زمان انتظار کوتاه، همراه با امکان ارتقا و قابلیت شکل‌دهی مجدد تولید می‌کنند. چابکی تولید یکی از قابلیت‌های پویای سازمان در صنایع تولیدی و مدیریت تولید است. مفهوم تولید چابک می‌تواند سطوح مدیریتی سازمان را کاهش داده و در نتیجه، فرآیند تصمیم‌گیری را تسهیل کند. سازمان‌های تولیدی چابک در پاسخ به شرایط متغیر بازار، سریع و منعطف‌اند و به‌جای تکیه بر قدرت بدنی کارکنان، از قدرت فکری آن‌ها بهره می‌گیرند. برای افزایش اثربخشی تیم‌های چندوظیفه‌ای توسعه محصول، شرکت‌ها از تکنیک‌های هدف‌گذاری استفاده می‌کنند. هدف‌گذاری، بین استقلال این تیم‌ها و اهداف شرکت که ممکن است شامل سطوح کیفیت و زمان‌بندی باشد، تعادل برقرار می‌کند. مدیریت این تیم‌ها باید منعطف و مستعد تغییرات مداوم باشد. جریان اطلاعات در داخل این سازمان‌ها یکنواخت و پیوسته است. تولید چابک، به‌منظور بقا و پیشرفت در محیط رقابتی (که تغییرات در آن دائمی و پیش‌بینی‌نشده است)، نوعی توانایی ایجاد می‌کند تا بتوان به تغییرات سریع بازار پاسخ داد.

براساس این تعریف، تولید چابک شامل انعطاف‌پذیری سیستم مکانیکی در تولید محصول و مفاهیمی مانند توانمندسازی کارکنان، روابط نزدیک بین تولیدکننده و تأمین‌کننده، کیفیت جامع و مهندسی مجدد شرکت‌ها است. تولید چابک یک سیستم تولیدی است که علاوه بر تولید محصولات متنوع و کارا، قابلیت سازگاری (تطبیق) با تغییرات در طراحی و ترکیب محصولات و شکل‌دهی مجدد را دارد؛ به عبارت دیگر، یک سیستم تولیدی با توانمندی‌های فوق‌العاده برای ارضای نیازهای متغیر بازار است. چنین سیستمی توانایی تغییر سریع مدل‌های محصول و خطوط تولید را داراست و به‌طور نسبتاً مطلوب، به نیازها و خواسته‌های مشتریان به صورت واقعی و به‌موقع پاسخ می‌دهد.

برخی نظریه‌پردازان، تولید چابک را یک استراتژی می‌دانند؛ برخی آن را استراتژی اصلی برای رقابت تلقی کرده و بر این باورند که هدف، کسب مزیت‌های رقابتی قابل نگهداری در فضای بازار است؛ برخی دیگر نیز آن را به عنوان استراتژی‌ای می‌شناسند که می‌تواند شرکتی مجازی یا منعطف ایجاد کرده و از این طریق انتظارات

عملکرد سازمان‌ها و نیز کاهش عدم قطعیت که در امر تولید بسیار حیاتی است، در تحقیق دیگری مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه تجربی این تحقیق نشان می‌دهد که چابکی تأثیر معناداری بر عملکرد سازمانی در شرایط عدم قطعیت دارد و می‌تواند اثرات منفی نوسانات محیطی را تعدیل کند.

با بررسی تحقیقات انجام‌شده می‌توان دریافت که هرچند تحقیقات متعددی در خصوص چابک‌سازی سازمان‌ها و فرآیندهای تولیدی انجام شده است، اما پژوهشی که در آن به بررسی رابطه بین عوامل توسعه فرآیند خانواده محصول چابک پرداخته و به‌گونه‌ای به مدل‌سازی چابکی و ابعاد آن در توسعه یک دسته از محصولات مشابه با قطعات یکسان همراه با لزوم انعطاف‌پذیری بیشتر در تولید بپردازد، انجام نشده است. در تحقیق حاضر، با بررسی عوامل توسعه خانواده محصول چابک و روابط بین این عوامل، با استفاده از روش نگاشت مفهومی فازی در شرکت سایپا، به این موضوع پرداخته خواهد شد.

۳- روش پژوهش

روش تحقیق در این مطالعه، کاربردی و به‌صورت کیفی-کمی است. همچنین از نظر نحوه گردآوری داده‌ها، به‌دلیل استفاده از پرسش‌نامه، در زمره تحقیقات توصیفی-پیمایشی قرار می‌گیرد. از آن‌جا که هدف این تحقیق، مدل‌سازی روابط علی-معلولی فرآیند توسعه خانواده محصول چابک در شرکت سایپا است، در ابتدا باید عوامل مؤثر بر چابک‌سازی فرآیند توسعه خانواده محصول شناسایی شوند. با در نظر گرفتن ابعاد چابکی مطرح در شکل ۲ و تأثیر آن در فرآیند توسعه خانواده محصول که در شکل ۱ ارائه شده است، می‌توان عوامل مندرج در جدول ۱ (مستخرج از ادبیات تحقیق) را به‌عنوان عوامل مؤثر بر چابک‌سازی فرآیند توسعه خانواده محصول در نظر گرفت.

در ادامه، برای بررسی روابط علی-معلولی بین عوامل شناسایی‌شده، از روش نگاشت مفهومی فازی استفاده می‌شود. این نگاشت، یک نمودار گرافیکی جهت‌دار با هدف نمایش روابط علی-معلولی میان عوامل است که ارتباط میان هر جفت عامل در این مدل با عددی در بازه [۱ و -۱] مشخص می‌شود. مراحل تدوین مدل با نقشه

تأثیرگذارند. علاوه بر این، به‌نظر می‌رسد نزدیکی به مشتری یک شرط مرزی است که در جلوگیری از وقوع چالش‌های خاص در مرحله اولیه توسعه خانواده محصول مؤثر است. این امر، ضرورت به‌کارگیری مفاهیمی نظیر چابکی که توجه به نیاز مشتری را مدنظر قرار می‌دهد، در فرآیند توسعه خانواده محصول را دوچندان می‌کند (Sankowski et al., 2021).

در خصوص به‌کارگیری مفهوم چابکی در سازمان‌ها نیز تحقیقات متعددی انجام شده است. در مطالعه‌ای که بر روی پروژه‌های توسعه محصول جدید در شرکت‌های ایرانی انجام شد، شناسایی عوامل کلیدی موفقیت از بین ۳۲ عامل اصلی، با استفاده از روش تحلیل عامل انجام شد و ۶ عامل به‌عنوان عوامل کلیدی موفقیت تعیین گردید. سپس مدل‌سازی روابط علی-معلولی بین عوامل کلیدی موفقیت بر چابک‌سازی این فرآیند، با استفاده از روش DEMATEL مورد بررسی قرار گرفت (Fekri et al., 2009). در مطالعه دیگری بر روی پروژه‌های تولید محصول جدید، با استفاده از منابع مختلف، ۳۴ عامل مؤثر بر چابک‌سازی این فرآیند استخراج شد. در سه شرکت تولیدی ایرانی، به‌کارگیری چابکی در پروژه‌های تولید محصولات جدید بررسی گردید. با تحلیل پیامدهای ناشی از تقویت رویکرد تولید چابک، مشاهده شد که می‌توان به مواردی همچون پاسخ‌گویی سریع به مشتریان، توسعه راه‌حل‌های نوآورانه، روابط نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان، انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات، انعطاف‌پذیری در سفارشی‌سازی، کاهش زمان عرضه به بازار و کاهش خطا اشاره کرد. با شناسایی و به‌کارگیری این عوامل، مدیران می‌توانند توان پاسخ‌گویی محصولات جدید را افزایش داده و در بازار پرتلاطم برای خود مزیت رقابتی ایجاد کنند (Asnaashari & Ghidakhani, 2019).

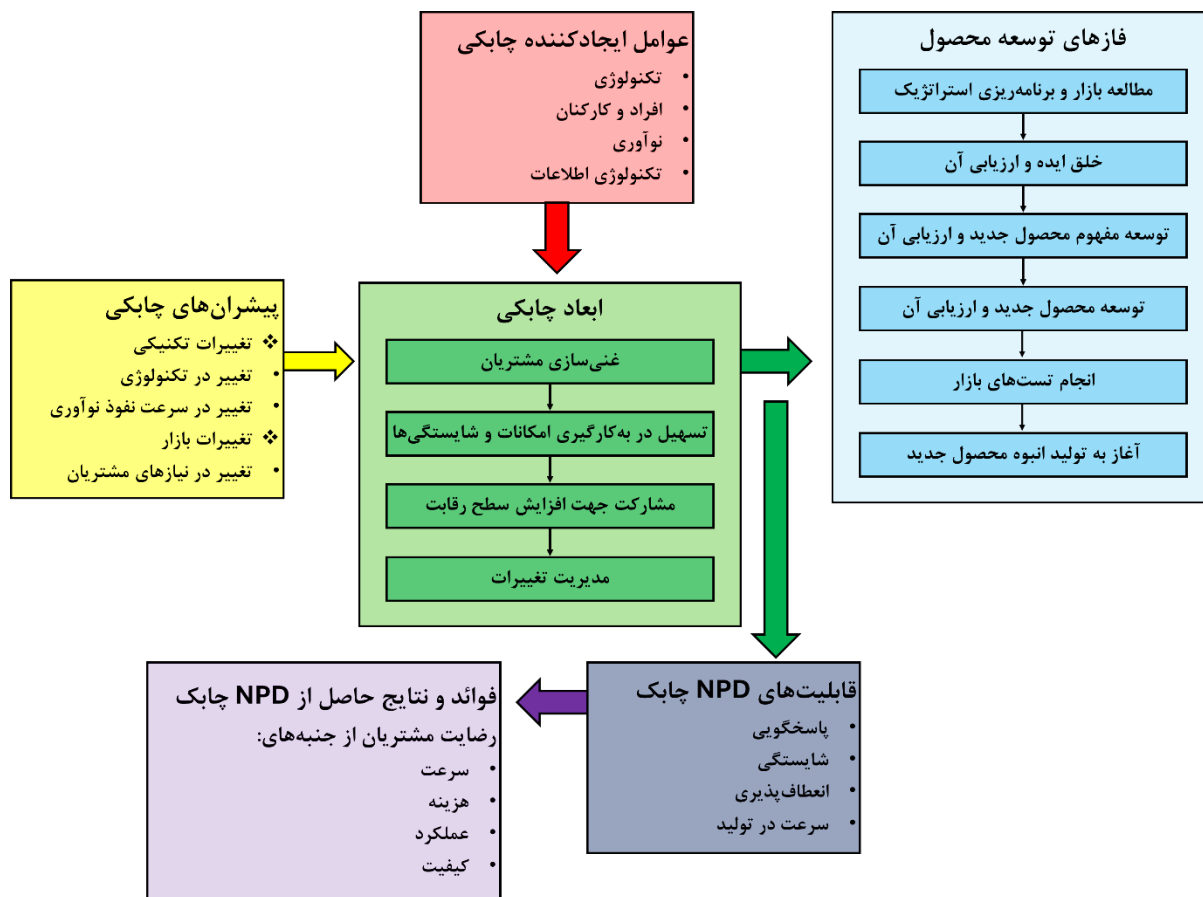
در تحقیق دیگری که در شرکت‌های عربستانی در بخش تولید تلفن‌های همراه انجام شد، عوامل نرم مانند عوامل انسانی، مشارکت مشتری، قابلیت تیم، فرهنگ سازمانی و فرهنگ ملی، در مقایسه با عوامل سخت و فنی مانند در دسترس بودن ابزارها یا تکنیک‌های خاص، به‌عنوان تأثیرگذارترین عوامل بر پذیرش چابکی در نظر گرفته شدند و مشخص شد که این عوامل نیز تأثیرات قابل‌توجهی بر چابک‌سازی فرآیندها دارند (Altuwaijri & Ferrario, 2022). بهبود کارایی و اثربخشی

شناختی فازی در شکل ۳ به صورت زیر بیان شده است (Schnider et al., 1998).

جدول ۱. عوامل مؤثر بر چابک‌سازی فرآیند توسعه خانواده محصول

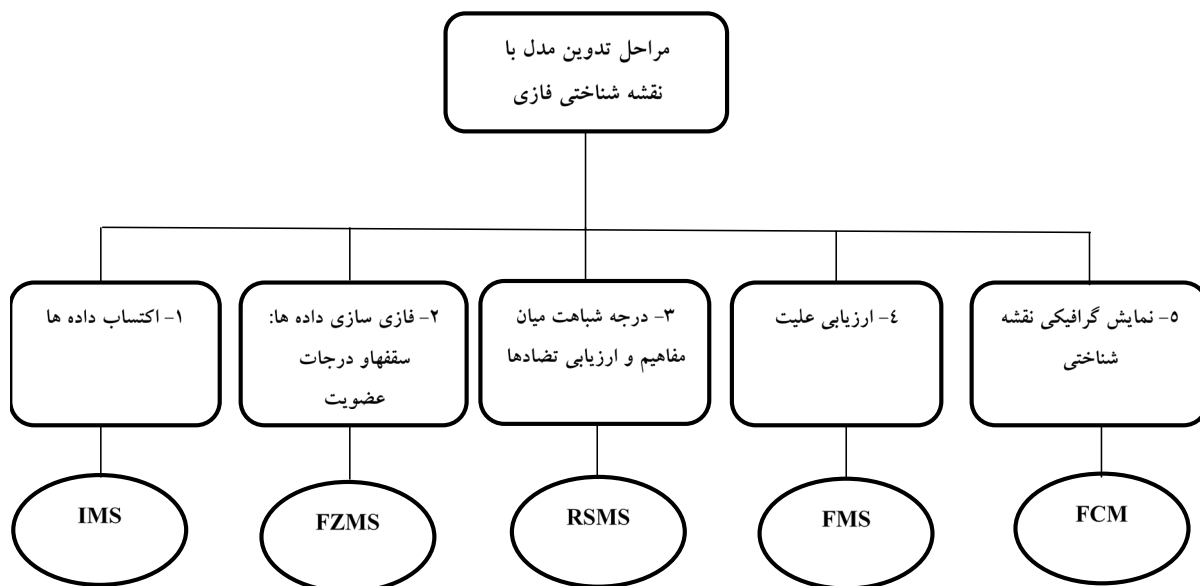
Table 1. Factors affecting the agilization of the product family development process

منبع	مؤلفه‌ها	کد عوامل	عوامل
(Varl et al., 2020; Rashidi et al., 2025a)	پشتیبانی و دانش و تخصص مدیریت ارشد	ف ۱	توانایی مدیریت
(Asnaashari & Ghidakhani, 2019)	هدف‌گذاری‌های مناسب و واقع‌بینانه و شناسایی عوامل	ف ۲	
(Pakseresht et al., 2020)	دخیل در فرآیند توسعه خانواده محصول چابک	ف ۳	
(Abdollahi et al., 2025)	آگاهی از تکنولوژی‌های جهانی و شناسایی رده‌ها و سطوح مختلف تکنولوژی	ف ۴	
(Kordbache et al., 2022)	مدیریت تغییرات و اهداف زیست‌محیطی روشن	ف ۵	
(Riesener et al., 2021)	تأمین و تجهیز و پشتیبانی از فرایند تحقیق و توسعه خانواده محصول چابک	ف ۶	
(Okhravi & Rafizadeh, 2025)	تخصیص و تأمین منابع مالی لازم برای توسعه خانواده محصول چابک	ف ۷	
(Humpert et al., 2022)	جذب منابع انسانی کارآمد و افرادی با ایده‌ها و صاحب افکار نو و آرمان‌گرا و استفاده از خبرگان و متخصصان	ف ۸	
(Varl et al., 2020)	انتخاب مدیران توانمند، متخصص، لایق، کارآمد و شایسته‌سالاری		
(Kelbel et al., 2022)	به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدید	ت ۱	عوامل غنی‌سازی
(Butt et al., 2021)	اقتصادی بودن (به لحاظ سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های اجرایی و پایین آوردن هزینه‌های تولید)	ت ۲	مشتریان
(Butt et al., 2021)	هماهنگی با استانداردهای جاری کشور جهت توانایی و کنترل سیستم‌های نظارتی	ت ۳	
(Kelbel et al., 2022; Aliverdillo & Ahmadvand, 2023)	توجه به صدای مشتری	ت ۴	
(Kelbel et al., 2022)	حفظ مشتری	ت ۵	
(Humpert et al., 2022)	توجه به تغییر خواسته‌های مشتری	ت ۶	
(Humpert et al., 2022; Rashidi et al., 2025b)	حمایت مدیریت	ت ۷	
(Asnaashari & Ghidakhani, 2019)	بهینه شدن محصول و اطمینان از بالا بودن کیفیت محصول نهایی	ت ۸	
(Kordbache et al., 2023)	برنامه‌ریزی جامع	ق ۱	تسهیل در به‌کارگیری امکانات و شایستگی‌ها
(Asnaashari & Ghidakhani, 2019)	لزوم وجود بخش تحقیق و توسعه و خصوص ارتقاء و توسعه تکنولوژی در ساختار سازمانی	ق ۲	
(Pakseresht et al., 2020)	ایجاد بانک اطلاعاتی و گردش اطلاعات و ارتباطات اطلاعاتی و علمی بین نیروهای سازمانی	ق ۳	
(Rashidi et al., 2025a, b)	ارتباط سازمانی مناسب بین مدیریت واحد تحقیق و توسعه خانواده محصول چابک با مدیران رده‌بالا	ق ۴	
(Kelbel et al., 2022)	پیشرفت حرفه‌ای مداوم	ض ۱	عوامل تکنولوژیک
(Varl et al., 2020)	نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه (PDM)	ض ۲	
(Riesener et al., 2021)	طراحی به کمک کامپیوتر (CAD)	ض ۳	
(Humpert et al., 2022)	مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE)	ض ۴	
(Butt et al., 2021)	تولید به کمک کامپیوتر (CAM)	ض ۵	
(Butt et al., 2021)	توانایی فنی	ر ۱	عوامل فنی انسانی
(Heimicke et al., 2021)	توانایی تحقیق و توسعه	ر ۲	
(Heimicke et al., 2021)	گروه تحقیق و توسعه	ر ۳	
(Riesener et al., 2021)	استراتژی در جهت نوآوری	ر ۴	



شکل ۲. مراحل فرآیند توسعه خانواده محصول (Fekri et al., 2009).

Figure 2. The concept of agility in the product development process (Fekri et al., 2009).



شکل ۳. رویه ایجاد یک FCM (Schneider et al. 1998).

Figure 3. Procedure for constructing an FCM (Schneider et al., 1998).

$$\forall j = 1 - m \ O_{ij} \ (O_{ij} \gg au) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 1 \quad (۴)$$

$$\forall j = 1 - m \ O_{ij} \ (O_{ij} \ll al) \rightarrow X_i(O_{ij}) = 0 \quad (۵)$$

عناصر باقیمانده بردار در بازه صفر و یک محاسبه می‌شوند (Rodriguez-Repiso et al., 2007).

ماتریس بعدی ماتریس رابطه‌ی قدرت موفقیت، یک ماتریس $[n \times n]$ است. ردیف‌ها و ستون‌ها مربوط به ماتریس عوامل کلیدی موفقیت هستند و هر عنصر در ماتریس نشانگر رابطه‌ی میان عامل « i » و عامل « j » است. اگر V_1 و V_2 به طور مستقیم با هم در ارتباط باشند به این معنی که هر افزایشی در V_1 باعث افزایش در V_2 شود آنگاه S_{ij} با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید.

اگر d_j فاصله بین عناصر V_1 و V_2 باشد. در این صورت:

$$d_j = |X_1(V_j) - X_2(V_j)| \quad (۶)$$

و متوسط فاصله بین دو بردار V_1 و V_2 عبارت است از:

$$AD = \frac{\sum_{j=1}^m |d_j|}{m} \quad (۷)$$

در این صورت همانندی بین دو بردار به وسیله معادله $S = 1 - AD$ تعیین می‌شود.

اگر V_1 و V_2 به صورت معکوس با هم در ارتباط باشند به طوری که افزایش یکی از آنها باعث کاهش دیگری شود d_j به صورت ذیل خواهد بود:

$$d_j = |X_1(V_j) - (1 - X_2(V_j))| \quad (۸)$$

S_{ij} می‌تواند ارزش‌ها را در بازه $[-1, 1]$ بپذیرد. هر عامل کلیدی موفقیت به‌عنوان یک بردار عددی S_i نشان داده می‌شود که حاوی عناصر n برای هر مفهوم نشان داده شده در نقشه‌است. سه رابطه احتمالی میان دو مفهوم i و j در S_{ij} وجود دارد (Schnider et al., 1998):

- $S_{ij} > 0$ مؤید علیت مستقیم (مثبت) میان مفاهیم « i » و « j » است. این یعنی افزایش ارزش مفهوم « i » که باعث افزایش ارزش مفهوم « j » می‌شود.
- $S_{ij} < 0$ نشانگر علیت معکوس (منفی) میان مفاهیم « i » و « j » است. این یعنی، افزایش ارزش مفهوم « i » که باعث افزایش ارزش مفهوم « j » می‌شود.

ماتریس اولیه‌ی موفقیت، یک ماتریس $[n \times m]$ است که در آن « n » تعداد عوامل کلیدی موفقیت است که به آن‌ها مفاهیم یا متغیرها نیز اطلاق می‌شود و « m » نماینگر تعداد افراد مصاحبه شده برای کسب داده‌ها است. O_{ij} هر عنصر اهمیتی است که فرد « j » برای مفهوم خاص « i » در مقیاسی قائل است که می‌تواند در پروژه‌های مختلف و حتی برای عوامل مختلف موفقیت در یک پروژه متفاوت باشد زیرا این نتایج در آینده با ارزش‌های بین صفر و یک به یک مجموعه‌ی فازی تبدیل خواهند شد. عناصر $O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{im}$ برداری V_i مرتبط با عوامل کلیدی موفقیت متعلق به ردیف « i » ماتریس هستند (Rodriguez-Repiso et al., 2007).

بردارهای عددی V_i به مجموعه‌های فازی منتقل می‌شوند V_i با خود بردار O_{ij} بردار که در آن‌ها هر عنصر مجموعه‌ی فازی مؤید میزان عضویت عنصر بردارهای عددی با ارزش‌های بین صفر و یک، به شکل ذیل به مجموعه‌های فازی V_i است تبدیل می‌شوند. ارزش حداکثری در V_i را یافته و $X_i = 1$ برای آن در نظر گرفته می‌شود، یعنی:

$$[\max O_{ip} \ X_i(O_{ip}) = 1] \quad (۱)$$

ارزش حداقلی در V_i را یافته و $X_i = 0$ برای آن در نظر گرفته می‌شود، یعنی:

$$[\min O_{ip} \ X_i(O_{ip}) = 0] \quad (۲)$$

نسبت تمامی عناصر دیگر بردار V_i در بازه صفر و یک مشخص می‌شود، یعنی:

$$X_i(O_{ij}) = \frac{[O_{ij} - \min O_{ip}]}{[\max O_{ip} - \min O_{ip}]} \quad (۳)$$

که در آن $X_i(O_{ij})$ درجه عضویت عنصر O_{ij} در بردار V_i است.

برآورد مستقیم ارزش‌ها در بازه صفر و یک می‌تواند باعث تعیین درجات عضویت شود که منعکس‌کننده دنیای واقعی نیستند و از طریق استدلال‌های رایج قابل تایید نمی‌باشند. در این‌موارد، معرفی یک ارزش سقف بالاتر یا پایین‌تر توسط کارشناس تحلیل‌کننده داده‌ها ضروری است. بنابراین، اگر بردار عددی عناصر m مرتبط با مفهوم « i » و O_{ij} باشد، با $j = 1, 2, 3, \dots, m$ به عنوان عناصر V_i ، ارزش‌های سقف بالاتر یا پایین‌تر به شرح ذیل هستند:

کم، عدد ۲ تأثیر کم، عدد ۳ تأثیر متوسط، عدد ۴ تأثیر زیاد و عدد ۵ نشان‌دهنده تأثیر بسیار زیاد شاخص مورد نظر بر موفقیت توسعه خانواده محصول چابک است. چنان‌که پیش‌تر اشاره شد، در راستای اجرای مراحل روش نگاشت مفهومی فازی که مراحل آن در شکل ۳ و در بخش روش تحقیق به تفصیل بیان شده است، ابتدا ماتریس اولیه موفقیت تشکیل می‌شود. در این ماتریس، افراد خبره در ستون‌ها و عوامل در سطرها قرار می‌گیرند و نظر هر یک از افراد درباره میزان اهمیت هر عامل در مقیاس صفر تا ۱۰۰ ثبت می‌شود.

با توجه به اینکه مطابق جدول ۱، پنج عامل اصلی و ۲۹ مؤلفه مؤثر بر موفقیت توسعه خانواده محصول چابک شناسایی شده‌اند که لازم است روابط علی و معلولی میان آن‌ها بررسی شود، علاوه بر آن یک متغیر اصلی با عنوان «توسعه خانواده محصول چابک» نیز در نظر گرفته می‌شود. از این رو، در مجموع ۳۵ سطر در ماتریس اصلی قرار داده می‌شود. بر این اساس، ماتریس حاصل که «ماتریس اولیه موفقیت» نامیده می‌شود، دارای ابعاد [۳۵×۱۶] خواهد بود. این ماتریس در جدول ۳ ارائه شده است.

در گام بعد، مقادیر ماتریس اولیه موفقیت بر اساس روابط (۱) تا (۵) ارائه‌شده در بخش روش تحقیق، به مقادیر فازی تبدیل می‌شوند. بدین منظور، مطابق توضیحات ارائه‌شده در خصوص مراحل تدوین مدل با استفاده از نقشه شناختی فازی، هر سطر از این ماتریس به صورت یک بردار در نظر گرفته می‌شود و سپس مقادیر عددی این بردارها (مربوط به هر عامل) به مقادیر فازی تبدیل می‌گردند.

با انجام عملیات فازی‌سازی، ماتریس اولیه موفقیت به «ماتریس فازی‌شده موفقیت» تبدیل می‌شود که شامل درجه عضویت هر عنصر از بردارهای تشکیل‌دهنده ماتریس اولیه موفقیت است. در واقع، مقادیر فازی نسبت‌داده‌شده به هر عنصر از این ماتریس، نشان‌دهنده درجه عضویت عنصر O_{ij} نسبت به کل سطر i می‌باشد.

بردارهای عددی سطرهای ماتریس اولیه موفقیت با انجام فرآیند نرمال‌سازی به مقادیر و درجات عضویت فازی در بازه [0, 1] تبدیل می‌شوند. برای تبدیل این مقادیر عددی به مقادیر فازی، مراحل زیر انجام می‌شود:

• $S_{ij} = 0$ نشانگر این است که هیچ رابطه‌ای میان مفاهیم « i » و « j » نیست.

پس از تکمیل ماتریس SRMS، بخشی از داده‌های مندرج در آن ممکن است داده‌های گمراه‌کننده باشند؛ زیرا همه عوامل کلیدی موفقیت ارائه‌شده در ماتریس، الزاماً با یکدیگر مرتبط نیستند و همواره یک رابطه علی میان آن‌ها وجود ندارد. از این رو، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تبدیل ماتریس SRMS به ماتریس نهایی موفقیت، استفاده از نظرات کارشناسان خبره ضروری است. به این ترتیب، کارشناسان خبره تنها روابطی را در نظر می‌گیرند که شامل عناصر فازی عددی نمایانگر روابط علی میان عوامل کلیدی موفقیت باشند.

نمایش گرافیکی ماتریس نهایی موفقیت به صورت نقشه شناختی فازی، یک نقشه شناختی فازی هدفمند را برای ترسیم عوامل کلیدی موفقیت فراهم می‌کند. در نمایش نهایی، هر فلش میان عوامل « i » و « j » دارای یک وزن علامت‌دار است. این مقدار، نشان‌دهنده قدرت رابطه مستقیم یا معکوس علی میان دو عامل بوده و همان مقدار درج‌شده در سلول مربوط به ردیف « i » و ستون « j » در ماتریس نهایی موفقیت است.

۴- تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، به منظور بررسی تأثیر عوامل کلیدی موفقیت در توسعه خانواده محصول چابک نوآورانه با تمرکز بر عوامل تکنولوژیکی و عوامل فنی-انسانی، پس از شناسایی عوامل کلیدی، روابط میان این عوامل با استفاده از روش نگاشت شناختی فازی مورد تحلیل قرار گرفت. در این روش، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل بر یکدیگر از طریق تعیین مقادیر وزنی و بر اساس نظرات خبرگان در شرکت سایپا به دست می‌آید. تعداد خبرگان مشارکت‌کننده در این پژوهش ۱۶ نفر بوده است که ویژگی‌ها و مشخصات آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. نگاشت علی عوامل موفقیت در توسعه خانواده محصول چابک شامل ۲۹ عنصر یا عامل می‌باشد.

در گام نخست، نظر هر یک از مدیران و کارشناسان درباره میزان تأثیر هر یک از عوامل همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، با استفاده از مقیاسی پنج‌درجه‌ای از ۱ تا ۵ سنجیده می‌شود. در این مقیاس، عدد ۱ نشان‌دهنده تأثیر بسیار

پس از تعیین درجه روابط علی و معلولی، ممکن است تمامی موارد درج شده در ماتریس قدرت روابط موفقیت واقعاً دارای روابط علی و معلولی نباشند؛ زیرا عملیات ریاضی به تنهایی لزوماً بیانگر وجود چنین روابطی نیست. از این رو، در این مرحله نیز استفاده از نظر خبرگان ضروری است. بدین منظور، از ۱۶ نفر از خبرگان که مشخصات آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است، برای شناسایی روابط علی و معلولی میان عوامل استفاده شد. جدول ۶ ماتریس بررسی روابط علی و معلولی به دست آمده بر اساس نظرات همین خبرگان را نشان می‌دهد. در این ماتریس، تأثیر هر عامل سطر بر عامل ستون مورد بررسی قرار گرفته است. در صورتی که بین دو عامل رابطه‌ای وجود داشته باشد، در درایه تقاطع آن‌ها عدد ۱ و در غیر این صورت عدد ۰ قرار داده شده است. همان‌گونه که اشاره شد، این روابط از خبرگان پرسیده و جمع‌آوری شد. سپس درایه‌های این ماتریس به صورت عنصر به عنصر در ماتریس قبلی، یعنی ماتریس قدرت روابط موفقیت، ضرب گردید. ماتریس حاصل، «ماتریس نهایی موفقیت» نامیده می‌شود که در جدول ۷ ارائه شده است. بدیهی است که در این ماتریس نهایی، تنها درایه‌هایی مقدار دارند که در ماتریس جدول ۶ دارای مقدار یک بوده‌اند.

- بیشترین امتیاز هر شاخص (هر سطر) در ماتریس اولیه موفقیت انتخاب شده و مقدار ۱ به آن اختصاص داده می‌شود.
- کمترین امتیاز هر شاخص (هر سطر) در ماتریس اولیه موفقیت نیز انتخاب شده و مقدار ۰ به آن اختصاص می‌یابد.
- سپس تمامی عناصر هر سطر بر اساس این مقیاس نرمال‌سازی، فازی‌سازی می‌شوند. با در نظر گرفتن کلیه مقادیر فازی عناصر، ماتریس فازی شده موفقیت به صورت جدول ۴ ارائه می‌شود. مرحله سوم در روش نگاشت مفهومی فازی، تعیین میزان همانندی میان عوامل به منظور مشخص کردن میزان ارتباط بین آن‌ها است. در واقع، میزان ارتباط میان عوامل مطابق روابط (۶) تا (۹) ارائه شده در بخش روش تحقیق محاسبه می‌شود. در این مرحله، وزن‌های فازی مثبت یا منفی برای روابط میان عوامل در نظر گرفته می‌شود، به گونه‌ای که هم روابط مستقیم و هم روابط معکوس میان عوامل را در بر می‌گیرد. ماتریس حاصل از این مرحله «ماتریس قدرت روابط موفقیت» نامیده می‌شود. این ماتریس دارای ابعاد $[35 \times 35]$ بوده و در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۲. خصوصیات خبرگان

Table 2. Characteristics of the experts

خبره‌ها	سن	تحصیلات	شغل	سابقه کار
۱	۲۵	فوق لیسانس صنایع	کارشناس ارشد بازاریابی	۱۰
۲	۴۲	کارشناسی ارشد مدیریت	کارشناس ارشد بازاریابی	۱۲
۳	۳۲	فوق لیسانس صنایع	مدیر فروش	۷
۴	۳۳	فوق لیسانس صنایع	کارشناس ارشد فروش	۸
۵	۴۱	کارشناسی ارشد مدیریت	کارشناس ارشد بازاریابی	۱۶
۶	۲۸	کارشناس مدیریت	مدیر برنامه‌ریزی	۵
۷	۲۹	کارشناس مدیریت	کارشناس ارشد فروش	۶
۸	۴۵	لیسانس صنایع	مشاور شرکت	۲۰
۹	۲۵	فوق لیسانس صنایع	مشاور شرکت	۱۰
۱۰	۳۸	کارشناسی ارشد مدیریت	مدیر فروش	۸
۱۱	۳۵	کارشناس مدیریت	کارشناس ارشد فروش	۹
۱۲	۴۴	کارشناسی ارشد مدیریت	کارشناس ارشد تولید	۱۵
۱۳	۴۲	لیسانس صنایع	کارشناس ارشد تولید	۱۱
۱۴	۲۸	لیسانس MBA	کارشناس ارشد فروش	۵
۱۵	۳۳	فوق لیسانس MBA	مشاور شرکت	۸
۱۶	۴۶	لیسانس صنایع	کارشناس ارشد تولید	۱۹

جدول ۳. ماتریس اولیه موفقیت

Table 3. Initial success matrix

افراد شاخص	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
۱	۴۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۲۰	۱۰۰	۹۰	۹۰
۲	۷۰	۷۰	۹۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰
۳	۷۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰
۴	۷۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰
۵	۷۰	۷۰	۴۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۹۰	۴۰	۷۰	۷۰	۱۰۰
۶	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۹۰	۴۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰
۷	۷۰	۴۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰
۸	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰
۹	۴۰	۴۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۴۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۴۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰
۱۱	۹۰	۷۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۲۰	۱۰۰	۹۰	۹۰
۱۲	۱۰۰	۹۰	۷۰	۹۰	۷۰	۹۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰
۱۳	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۴۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰
۱۴	۱۰۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۴۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰
۱۵	۷۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۷۰
۱۶	۷۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۴۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰
۱۷	۷۰	۴۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۴۰	۷۰	۷۰
۱۸	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰
۱۹	۱۰۰	۷۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۴۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰
۲۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۷۰	۹۰	۹۰	۴۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۷۰
۲۱	۷۰	۴۰	۹۰	۱۰۰	۴۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۴۰	۷۰	۷۰
۲۲	۷۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰
۲۳	۴۰	۴۰	۷۰	۹۰	۷۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۴۰	۴۰	۴۰
۲۴	۱۰۰	۷۰	۷۰	۹۰	۷۰	۹۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰
۲۵	۹۰	۷۰	۷۰	۲۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۹۰	۹۰
۲۶	۱۰۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۴۰	۹۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰
۲۷	۷۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۷۰
۲۸	۷۰	۹۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۷۰
۲۹	۴۰	۴۰	۷۰	۷۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۴۰	۴۰	۴۰
۳۰	۷۰	۷۰	۹۰	۹۰	۴۰	۱۰۰	۴۰	۹۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۷۰
۳۱	۹۰	۹۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۷۰	۹۰	۷۰	۷۰	۹۰	۴۰	۷۰	۴۰	۱۰۰	۹۰
۳۲	۷۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۴۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۷۰
۳۳	۱۰۰	۷۰	۹۰	۴۰	۷۰	۹۰	۹۰	۹۰	۴۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۳۴	۱۰۰	۶۰	۴۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰
۳۵	۷۰	۷۰	۹۰	۴۰	۷۰	۹۰	۹۰	۹۰	۴۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۷۰	۷۰

جدول ۶. ماتریس روابط علت و معلولی

Table 6. Causal relationship matrix

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵		
۱	۱																																				
۲		۱																																			
۳			۱																																		
۴				۱																																	
۵					۱																																
۶						۱																															
۷							۱																														
۸								۱																													
۹									۱																												۱
۱۰										۱																											
۱۱											۱																										
۱۲												۱																									
۱۳													۱																								
۱۴														۱																							
۱۵															۱																						
۱۶																۱																					
۱۷																	۱																				
۱۸																		۱																			۱
۱۹																			۱																		
۲۰																				۱																	
۲۱																					۱																
۲۲																						۱															
۲۳																							۱														
۲۴																								۱													۱
۲۵																									۱												
۲۶																										۱											
۲۷																											۱										
۲۸																												۱									
۲۹																													۱								۱
۳۰																																					۱
۳۱																																					۱
۳۲																																					۱
۳۳																																					۱
۳۴																																					۱
۳۵																																					۱

جدول ۷. ماتریس نهایی موفقیت

Table 7. Final success matrix

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵			
۱	۰/۵۵																																					
۲		۰/۹۴																																				
۳			۰/۵۵																																			
۴				۰/۶۴																																		
۵					۰/۶۶																																	
۶						۰/۷۱																																
۷							۰/۶۴																															
۸								۰/۸۳																														
۹									۰/۵۵																												۰/۵۵	
۱۰										۰/۶۴																												
۱۱											۰/۵۵																											
۱۲												۰/۸۶																										
۱۳													۰/۷۸																									
۱۴														۰/۷۵																								
۱۵															۰/۵۳																							
۱۶																۰/۷۳																						
۱۷																	۰/۵۳																					
۱۸																		۰/۵۳																				۰/۵۶
۱۹																			۰/۷۳																			
۲۰																				۰/۵۳																		
۲۱																					۰/۴۲																	
۲۲																						۰/۸																
۲۳																							۰/۶۱															
۲۴																								۰/۶۱													۰/۵۵	
۲۵																																						
۲۶																																						
۲۷																																						
۲۸																																						

توسعه نوآوری و بهبود فرآیندهای تولید ضروری است.

- ایجاد بانک اطلاعاتی و گردش اطلاعات علمی و سازمانی: با اثرگذاری ۰/۶۷ که موجب تسهیل تبادل دانش و اطلاعات در سازمان می‌شود (Heimicke et al., 2021).
- ارتباط سازمانی مؤثر بین مدیریت واحد تحقیق و توسعه خانواده محصول چابک و مدیران ارشد: با اثرگذاری ۰/۷۵ که هماهنگی تصمیمات راهبردی و عملیاتی را تسهیل می‌کند (Humpert et al., 2022).

ج) عوامل فنی و انسانی

این عامل با میزان اثر مثبت ۰/۸۳ یکی از عوامل بسیار مهم در توسعه خانواده محصول چابک محسوب می‌شود و در بسیاری از مطالعات مورد توجه قرار گرفته است (Riesener et al., 2021). مهم‌ترین زیرعوامل آن عبارت‌اند از:

- توانایی فنی: با اثرگذاری ۰/۷۳ که نشان‌دهنده نقش کلیدی تخصص‌های فنی در توسعه محصولات جدید است (Humpert et al., 2022).
- توانایی تحقیق و توسعه: با اثرگذاری ۰/۶۱ که نقش مهمی در ایجاد نوآوری و بهبود محصولات دارد (Heimicke et al., 2021).
- تیم تحقیق و توسعه: با اثرگذاری ۰/۶۴ که در هدایت فعالیت‌های نوآورانه سازمان نقش اساسی ایفا می‌کند (Heimicke et al., 2021).
- استراتژی در جهت نوآوری: با اثرگذاری ۰/۶۷ که به ایجاد مزیت رقابتی پایدار در سازمان کمک می‌کند (Heimicke et al., 2021).

د) عوامل غنی‌سازی مشتریان

این عامل با میزان اثر مثبت ۰/۷۲ در مدل شناسایی شده و در سال‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است (Varl et al., 2020). مهم‌ترین زیرعوامل این دسته عبارت‌اند از:

- به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدید: با اثرگذاری ۰/۶۴ که در افزایش رضایت مشتریان نقش مهمی دارد (Vinodh et al., 2012).

(Varl et al., 2020). نتایج به‌دست‌آمده در شرکت سایپا در چارچوب مدل FCM نشان می‌دهد:

- پیشرفت حرفه‌ای مداوم: با میزان اثرگذاری ۰/۷۲ به‌عنوان یک مؤلفه پیشران شناسایی شده و اهمیت آن در ادبیات موضوع نیز مورد تأکید قرار گرفته است (Kelbel et al., 2022).
- نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه: با مقدار اثرگذاری ۰/۵۳ به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم در افزایش کارایی سیستم‌های تولیدی شناخته شده است (Varl et al., 2022). زیرمعیارهای مرتبط با این مؤلفه عبارت‌اند از:
 - طراحی به کمک کامپیوتر (CAD): با اثرگذاری ۰/۴۲ که نقش مهمی در بهبود فرآیند طراحی محصولات دارد (Riesener et al., 2021).
 - مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE): با اثرگذاری ۰/۸۰ که نشان‌دهنده اهمیت بالای آن در تحلیل و بهینه‌سازی طراحی محصولات است (Humpert et al., 2022).
- تولید به کمک کامپیوتر (CAM): با اثرگذاری ۰/۶۱ که در بهبود دقت و سرعت تولید نقش مؤثری ایفا می‌کند (Humpert et al., 2022).

ب) تسهیل در به‌کارگیری امکانات و شایستگی‌ها در سازمان

این عامل نیز با میزان اثر مثبت ۰/۸۹ در مدل، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرآیند توسعه خانواده محصول چابک محسوب می‌شود. امکانات و شایستگی‌های سازمانی می‌توانند نقش مهمی در تسهیل توسعه محصولات و افزایش انعطاف‌پذیری سازمان ایفا کنند (Raatikainen et al., 2008). مهم‌ترین زیرعوامل این بخش عبارت‌اند از:

- برنامه‌ریزی جامع: با اثرگذاری ۰/۷۲ که نقش مهمی در هماهنگی فعالیت‌های سازمانی دارد (Humpert et al., 2022).
- وجود بخش تحقیق و توسعه و ارتقای تکنولوژی در ساختار سازمانی: با اثرگذاری ۰/۵۳ که برای

- اقتصادی بودن محصول: با اثرگذاری ۰/۵۵ که از دیدگاه مشتریان یکی از معیارهای مهم انتخاب محصول محسوب می‌شود (Asnaashari & Ghidakhani, 2019).
 - هماهنگی با استانداردهای جاری کشور و سیستم‌های نظارتی: با اثرگذاری ۰/۸۶ که از مهم‌ترین زیرمعیارهای این دسته محسوب می‌شود (Asnaashari & Ghidakhani, 2019).
 - توجه به صدای مشتری: با اثرگذاری ۰/۸۰ که نقش مهمی در بهبود کیفیت محصولات و افزایش رضایت مشتری دارد (Kelbel et al., 2022).
 - حفظ مشتری: با اثرگذاری ۰/۷۵ که در ایجاد روابط پایدار با مشتریان اهمیت دارد (Kelbel et al., 2022).
 - توجه به تغییر خواسته‌های مشتری: با اثرگذاری ۰/۵۳ که به سازگاری محصولات با نیازهای بازار کمک می‌کند (Humpert et al., 2022).
 - حمایت مدیریت: با اثرگذاری ۰/۷۳ که برای اجرای مؤثر برنامه‌های مشتری‌محور ضروری است (Humpert et al., 2022).
 - بهینه‌سازی محصول و تضمین کیفیت محصول نهایی: با اثرگذاری ۰/۵۲ که در افزایش رضایت مشتریان مؤثر است (Asnaashari & Ghidakhani, 2019).
- ۵) توانایی مدیریت**
- این عامل با میزان اثر مثبت ۰/۶۹ در مدل شناسایی شده و از دیدگاه خبرگان و پژوهشگران از اهمیت قابل توجهی برخوردار است (Kelbel et al., 2022). مهم‌ترین زیرعوامل آن عبارت‌اند از:
- پشتیبانی و دانش مدیریت ارشد: با اثرگذاری ۰/۵۵ که نقش مهمی در هدایت برنامه‌های توسعه محصول دارد (Varl et al., 2020).
 - هدف‌گذاری‌های مناسب و واقع‌بینانه: با اثرگذاری ۰/۶۴ که جهت‌گیری راهبردی سازمان را مشخص می‌کند (Asnaashari & Ghidakhani, 2019).
- آگاهی از تکنولوژی‌های جهانی و سطوح مختلف فناوری: با اثرگذاری ۰/۵۵ که در برنامه‌ریزی توسعه فناوری اهمیت دارد (Heimicke et al., 2021).
 - مدیریت تغییرات و تعیین اهداف زیست‌محیطی روشن: با اثرگذاری ۰/۶۴ که در سازگاری سازمان با شرایط متغیر محیطی نقش دارد (Asnaashari & Ghidakhani, 2019).
 - تأمین و پشتیبانی از فرآیند تحقیق و توسعه خانواده محصول چابک: با اثرگذاری ۰/۶۶ که برای موفقیت برنامه‌های توسعه محصول ضروری است (Heimicke et al., 2021).
 - تخصیص منابع مالی لازم برای توسعه خانواده محصول چابک: با اثرگذاری ۰/۸۸ که یکی از مهم‌ترین زیرمعیارهای مدیریتی محسوب می‌شود (Heimicke et al., 2021).
 - جذب منابع انسانی توانمند و خلاق: با اثرگذاری ۰/۶۴ که در افزایش نوآوری سازمانی مؤثر است (Humpert et al., 2022).
 - انتخاب مدیران توانمند و شایسته‌سالاری: با اثرگذاری ۰/۸۳ که در ارتقای کارایی سازمان نقش مهمی دارد (Riesener et al., 2021).
- بر اساس نتایج مدل نگاشت مفهومی فازی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در توسعه خانواده محصول چابک، پیشنهادهای کاربردی زیر ارائه می‌شود:
- مدیران شرکت سایپا باید توجه ویژه‌ای به زیرساخت‌های تکنولوژیکی داشته باشند و با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند CAE و توسعه مهارت‌های حرفه‌ای کارکنان، زمینه بهبود مستمر فرآیندها را فراهم کنند. همچنین استفاده از سیستم‌های پشتیبان تصمیم می‌تواند به بهبود فرآیند تصمیم‌گیری کمک کند.
 - تقویت ارتباطات سازمانی بین واحد تحقیق و توسعه و مدیران ارشد و همچنین ایجاد بانک‌های اطلاعاتی و سیستم‌های یکپارچه مدیریت اطلاعات می‌تواند زمینه تبادل دانش و ارتقای یادگیری سازمانی را فراهم کند.
 - مدیران سایپا باید با تقویت توانمندی‌های فنی و تحقیق و توسعه و تشکیل تیم‌های متخصص،

و «توجه به صدای مشتری» به ترتیب با ضریب تأثیر ۰/۸۶ و ۰/۸ بیشترین اهمیت را نسبت به شش عامل دیگر این دسته دارند. در بخش تسهیل در به کارگیری امکانات و شایستگی‌ها در سازمان، «ایجاد بانک اطلاعاتی و گردش اطلاعات» و «ایجاد ارتباطات اطلاعاتی و علمی بین نیروهای سازمانی» و همچنین «برقراری ارتباط سازمانی مناسب بین مدیریت واحد تحقیق و توسعه خانواده محصول چابک با مدیران رده بالا» به ترتیب با ضرایب تأثیر ۰/۶۷ و ۰/۷۵ نسبت به دو عامل دیگر این دسته اثرگذارتر هستند.

در ارتباط با عوامل تکنولوژیکی، «پیشرفت حرفه‌ای مداوم» و «مهندسی به کمک کامپیوتر» با ضرایب تأثیر ۰/۷۲ و ۰/۸ نسبت به سه عامل دیگر این گروه اهمیت بیشتری دارند. در نهایت، در حوزه عوامل فنی و انسانی، «توانایی فنی» و «توانایی تحقیق و توسعه» با ضرایب تأثیر ۰/۷۳ و ۰/۶۱ نسبت به دو عامل دیگر این دسته مؤثرتر شناخته شدند. بررسی نتایج تحقیقات پیشین نیز یافته‌های این پژوهش را تأیید می‌کند.

بر این اساس، مدیران صنایع خودروسازی، و به ویژه شرکت سایپا، با تمرکز بر این عوامل می‌توانند فرآیند توسعه خانواده محصول را چابک‌تر کرده و تغییرات بازار در این زمینه را با سرعت بیشتری نسبت به رقبا پاسخ دهند. در راستای انجام تحقیقات آتی نیز پیشنهاد می‌شود تعیین عوامل و مدل‌سازی اثرات مفهوم «ناب‌سازی» در فرآیند توسعه خانواده محصول چابک، همچنین بررسی مدل‌های فرآیند خانواده محصول پایدار و مدل‌های مدیریت نوآوری در فرآیند توسعه خانواده محصول مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر این، می‌توان فرآیند توسعه خانواده محصول چابک را در سایر صنایع نیز مطالعه و مقایسه کرد.

مشارکت‌های نویسندگان

همه نویسندگان در مقاله نقش و سهم یکسان داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافع مرتبط با تحقیق حاضر ندارند و نتایج به صورت بی‌طرفانه و بدون دخالت منافع شخصی یا حرفه‌ای به دست آمده است.

زمینه ایجاد نوآوری در محصولات و فرآیندهای تولید را فراهم سازند. همچنین استفاده از فناوری‌های نوین برای ارتقای توانمندی‌های فنی سازمان ضروری است.

- توجه به صدای مشتری، رعایت استانداردهای ملی و بین‌المللی و توسعه محصولات متناسب با نیازهای بازار باید به عنوان یکی از اولویت‌های اصلی سازمان در نظر گرفته شود.
- در حوزه مدیریت، هدف‌گذاری واقع‌بینانه، تخصیص منابع مالی مناسب و شناسایی عوامل مؤثر بر توسعه خانواده محصول چابک باید در برنامه‌های راهبردی شرکت مورد توجه باشد تا امکان اجرای موفق این رویکرد فراهم شود.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، روابط علی و معلولی بین عوامل مؤثر بر فرآیند توسعه خانواده محصول چابک با استفاده از روش نگاشت شناختی فازی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا عوامل مهم و تأثیرگذار بر اساس مرور جامع ادبیات شناسایی شدند و سپس، مدل‌سازی روابط علی و معلولی بین این عوامل با بهره‌گیری از روش تحلیل نگاشت مفهومی فازی انجام گرفت. نتایج نشان داد که ۲۹ عامل مؤثر بر اجرای فرآیند توسعه خانواده محصول چابک در قالب ۵ دسته اصلی قابل طبقه‌بندی هستند: توانایی مدیریت با ۸ زیرعامل، عوامل غنی‌سازی مشتریان با ۸ زیرعامل، تسهیل در به کارگیری امکانات و شایستگی‌ها در سازمان با ۴ زیرعامل، عوامل تکنولوژیکی با ۵ زیرعامل و عوامل فنی و انسانی با ۴ زیرعامل. سپس با استفاده از روش مدل‌سازی مبتنی بر نگاشت مفهومی فازی، روابط علی و معلولی بین این عوامل و میزان تأثیر آنها بر یکدیگر مدل‌سازی شد.

نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که در بخش توانایی مدیریت، عوامل «هدف‌گذاری مناسب و واقع‌بینانه» و «تخصیص و تأمین منابع مالی لازم برای توسعه خانواده محصول چابک» به ترتیب با ضریب تأثیر ۰/۶۴ و ۰/۸۸ نسبت به شش عامل دیگر مؤثرتر هستند. در دسته عوامل غنی‌سازی مشتریان، «همانگی با استانداردهای جاری کشور جهت تسهیل توانایی و کنترل سیستم‌های نظارتی»

- Humpert, L., Röhm, B., Anacker, H., Dumitrescu, R., & Anderl, R. (2022). Method for direct end customer integration into the agile product development. *Procedia Cirp*, 109, 215-220. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.239>
- Jiao, J., Simpson, T. W., & Siddique, Z. (2007). Product family design and platform-based product development: a state-of-the-art review. *Journal of intelligent Manufacturing*, 18(1), 5-29. <https://doi.org/10.1007/s10845-007-0003-2>
- Kelbel, H. C., Stoecker, L., Frank, J. J., Lukas, G., Bergweiler, G., Gries, T., ... & Schuh, G. (2022). Applicability of Advanced Manufacturing Technologies for Agile Product Development in the Internet of Production: A Strategic Framework. *Journal of Production Systems and Logistics*. <https://doi.org/10.15488/11958>
- Kordbacheh, M., Fekri, R., & Esmaeilian, G. (2022). Presenting a model for determining and discovering the causal relationships between the effective risks of the product family developing process in the Iranian automotive industry. *Journal of Modeling in Engineering*, 20(68), 15-34 (In Persian). <https://doi.org/10.22075/jme.2021.23623.2103>
- Kordbacheh, M., Roksana, F., & Esmaeilian, G. (2023). Providing a causal model of risk management in the product family development process by grounded theory and structural equation modeling: Case study, The Iranian automotive industry. *Journal of Improvement Management*, 17(1), 137-162 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jmi.2023.385268.2914>
- Okhravi, A., & Rafizadeh, Z. (2025). Identifying and prioritizing enablers and effective capabilities in the agility of the fourth generation of universities. *System Engineering and Productivity*, 5(3), 23-44 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2025.2053769.1269>
- Pakseresht, M., Mahdavi, I., Shirazi, B., & Mahdavi-Amiri, N. (2020). Co-reconfiguration of product family and supply chain using leader-follower Stackelberg game theory: Bi-level multi-objective optimization. *Applied Soft Computing*, 91, 106203. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106203>
- Raatikainen, M., Rautiainen, K., Myllärniemi, V., & Männistö, T. (2008, May). Integrating product family modeling with development management in agile methods. In *Proceedings of the 1st international workshop on Software development governance* (pp. 17-20). <https://doi.org/10.1145/1370720.1370728>
- Raatikainen, M., Rautiainen, K., Myllärniemi, V., & Männistö, T. (2008, May). Integrating product family modeling with development

قردانی

از مدیران و کارشناسان خبره شرکت سایپا که در پاسخ‌گویی به پرسشنامه‌ها نهایت همکاری را داشته‌اند، صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از عوامل اجرایی نشریه مهندسی سیستم و بهره‌وری به دلیل حمایت‌ها و همکاری‌های ارزشمند آنان سپاسگزاری می‌گردد.

مراجع

- Abdollahi, M., Ahmadvand, A. M., & Mirshahvelayati, F. (2025). Analysis of Key Trends in Iran's Steel Production Chain: A Systematic Exploration of Emerging Trends. *System Engineering and Productivity*, 5(3), 155-177 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2025.2063146.1332>
- Aliverdilo, M., & Ahmadvand, A. M. (2023). Investigating the Factors Affecting the Implementation of Total Quality Management and its Impact on Customer Attraction (a Case Study in Tehran Railway Company). *System Engineering and Productivity*, 3(1), 41-65 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2023.706142>
- Altuwajri, F. S., & Ferrario, M. A. (2022). Factors affecting Agile adoption: An industry research study of the mobile app sector in Saudi Arabia. *Journal of Systems and Software*, 190, 111347. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111347>
- Asnaashari, A., Ghidarkhani, J. (2019). Studying and investigating the agile project management in new product development process. *The 15th International Conference of Industrial Engineering, Yazd University* (In Persian). <https://civilica.com/doc/839645>
- Butt, S. A., Misra, S., Anjum, M. W., & Hassan, S. A. (2021, January). Agile project development issues during COVID-19. In *International conference on lean and agile software development* (pp. 59-70). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67084-9_4
- Fekri, R., Aliahmadi, A., & Fathian, M. (2009). Identifying the cause and effect factors of agile NPD process with fuzzy DEMATEL method: the case of Iranian companies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(6), 637-648. <https://doi.org/10.1007/s10845-008-0153-x>
- Heimicke, J., Kaiser, S., & Albers, A. (2021). Agile product development: an analysis of acceptance and added value in practice. *Procedia CIRP*, 100, 768-773. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.046>

- role, product newness, and conflict. *Journal of Business Research*, 109, 246-259. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.12.013>
- management in agile methods. In *Proceedings of the 1st international workshop on Software development governance* (pp. 17-20). <https://doi.org/10.1145/1370720.1370728>
- Rashidi, M., Banihashemi, S. A., & Seydi, A. (2025a). Investigating the Role of Employee's Communication Skills in Human Capital Agility by Mediating the Organizational Decision-making Process. *System Engineering and Productivity*, 5(3), 135-153 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2025.2062408.1328>
- Rashidi, M., Divani, K., & Banihashemi, S. A. (2025b). Validation of a Model for Improving Employees' Innovative Work Behavior Based on Responsible Leadership and Person-Organization Fit. *System Engineering and Productivity*, e731287 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2025.2072933.1400>
- Riesener, M., Doelle, C., Perau, S., Lossie, P., & Schuh, G. (2021). Methodology for iterative system modeling in agile product development. *Procedia Cirp*, 100, 439-444. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.101>
- Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. L. (2007). Modelling IT projects success with fuzzy cognitive maps. *Expert systems with applications*, 32(2), 543-559. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.01.032>
- Sankowski, O., Küchenhof, J., Dambietz, F. M., Züfle, M., Wallisch, A., Krause, D., & Paetzold, K. (2021). Challenges in early phase of product family development processes. *Procedia CIRP*, 100, 840-845. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.034>
- Schneider, M., Shnaider, E., Kandel, A., & Chew, G. (1998). Automatic construction of FCMs. *Fuzzy Sets and Systems*, 93(2), 161-172. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(96\)00218-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00218-7)
- Varl, M., Duhovnik, J., & Tavčar, J. (2020). Agile product development process transformation to support advanced one-of-a-kind manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(6), 590-608. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1775301>
- Vinodh, S., Selvaraj, T., & Praveen, T. (2012). Design and development of agile product development cycle for rotary switches. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 10(3), 380-396. <https://doi.org/10.1108/17260531211274738>
- Wang, L., Jin, J. L., Zhou, K. Z., Li, C. B., & Yin, E. (2020). Does customer participation hurt new product development performance? Customer