A Mixed Approach for Evaluation Preventive Maintenance Performance Based on Anti-Fragility Factors

(Document Type: Research Paper)

Hamid Khedry
Industrial Management Department, Faculty of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, khedry@mehr.pgu.ac.ir
Gholamreza Jamali *
Industrial Management Department, Faculty of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, gjamali@pgu.ac.ir
Ahmad Ghorbanpour
Industrial Management Department, Faculty of Business and Economics, Persian Gulf University, Bushehr, Iran, ghorbanpour@pgu.ac.ir

Purpose: This paper aims to propose a mixed approach for evaluating preventive maintenance performance based on anti-fragility factors in Iranian Gas Transmission Company (IGTC) district 10.

Design/methodology/approach: In the quantitative part of this mixed research, using the Fuzzy Delphi Method (FDM), out of 131 key performance indicators taken from different standards, 16 indicators identified suitable for the activities of IGTC district 10. In the qualitative section, using the thematic analysis method, ten organizational and academic experts participated, and anti-fragility components in the form of 254 open codes, 18 organizing codes, and two comprehensive codes identified and categorized using Maxqda2020 software. The effect of these indicators on maintenance key performance indicators investigated using the canonical correlation method.

Findings: Findings indicated that learning and growth, panarchy, heuristics, harmonization, and Barbell strategy of behavioural components, and redundancy, participation system, and high reliability of structural components had the highest impact on key maintenance performance indicators including condition-based maintenance cost, average downtime, percentage of accidents involving personnel, and the mean time between failures.

Research limitations/implications: The most important limitation of this research is that due to the case study unique characteristics, the results could not be generalized to other companies. Besides, the proposed model developed based on anti-fragility factors that are not available simply or difficult to define for every company. So, it is suggested that in order to apply the proposed model, first the anti-fragility factors for the company should be localized.

* Corresponding author
Copyright © 2021, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0/), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

Practical implications: By applying the proposed model, companies can expect a significant decrease in the total preventive maintenance cost and human injuries caused by defects and breakdowns. Also, managerial planning in the preventive maintenance system toward the resource allocation to the equipment and PM personnel will be simple.

Social implications: Recognizing anti-fragility factors and reducing irreparable human and technical damages will lead to positive employee and social attitude towards the company. Also, the proper performance of a preventive maintenance system will result in a clean and carbon-free environment.

Originality/value
The proposed approach is suitable for evaluating preventive maintenance performance based on anti-fragility factors in companies. The use of quantitative and qualitative analysis in the proposed methodology was not considered in the reviewed literature, simultaneously. So this approach can be a model for other subsidiaries in the oil and gas industry to follow.

Keywords: Maintenance, Performance Evaluation, Anti-fragility, Thematic Analysis, Canonical Correlation, Fuzzy Delphi Method

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدیریت تولید و عملیات، دوره ۱۱، شماره ۳، پیاپی ۲۲، پاییز ۱۳۹۹
دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۴ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۸
صص: ۷۳- ۹۴ (نوع مقاله: پژوهشی)

رویکردی آمیخته برای ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات مبتنی بر مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری

حمید خدری[۱]، غلامرضا جمالی[۲*]، احمد قربانپور

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب و کار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، khedry@mehr.pgu.ac.ir
۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب و کار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، gjamali@pgu.ac.ir
۳- استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب و کار و اقتصاد، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران، ghorbanpour@pgu.ac.ir

چکیده: هدف پژوهش حاضر، ارائهٔ رویکردی آمیخته برای ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات مبتنی بر مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری[۱] در منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور است. در بخش کمّی پژوهش آمیختهٔ حاضر با استفاده از روش دلفی فازی، از ۱۳۱ شاخص کلیدی ارزیابی عملکرد نت برگرفته از استانداردهای مختلف جهانی، ۱۶ شاخص متناسب با فعالیت‌های منطقهٔ ده عملیات گاز شناسایی شده است. در بخش کیفی نیز با استفاده از روش تحلیل مضمون، با مشارکت ۱۰ خبرهٔ سازمانی و دانشگاهی، عوامل شکست‌ناپذیری در قالب ۲۵۴ کد باز، ۱۸ کد سازمان‌دهنده و دو کد فراگیر با استفاده از نرم‌افزار ماکس کیودا[۲] نسخهٔ ۲۰۲۰ شناسایی و دسته‌بندی شده است. تأثیر این شاخص‌ها بر معیارهای کلیدی ارزیابی نت با استفاده از روش همبستگی کانونی بررسی شد. بررسی نتایج نشان داد یادگیری و رشد، پانارشی[۳]، هیورستیک[۴]، هورمونیزه‌شدن[۵] و باربل استراتژی[۶] از مؤلفه‌های رفتاری و افزونگی[۷]، نظام مشارکت و قابلیت اطمینان بالا از مؤلفه‌های ساختاری، بیشترین تأثیر را بر معیارهای کلیدی ارزیابی عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات، شامل درصد هزینهٔ نت مبتنی بر وضعیت، میانگین زمان ازکارافتادگی، درصد حوادث آسیب‌رسان به کارکنان و میانگین زمان بین دو توقف دارد.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات، ارزیابی عملکرد، شکست‌ناپذیری، تحلیل مضمون، همبستگی کانونی، دلفی فازی

---

*نویسنده مسؤول

۱. مقدمه

رشد روزافزون فنّاوری باعث شده است برخی سیستم‌های سادهٔ کسب‌وکار به سیستم‌های پیچیده تغییر ماهیت بدهند (استرل، ۲۰۲۰). سیستم‌های پیچیده نیز به اجرای اثربخش فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در چرخهٔ حیات خود نیازمند است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد با وجود مزیت‌های گوناگون فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، در بیشتر صنایع تولیدی، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تا ۷۰ درصد کل هزینه‌های سازمان را به خود اختصاص می‌دهد (ایلانگکوماران و کومنن، ۲۰۱۲؛ کومنن، ۲۰۰۲؛ موبلی، ۲۰۰۲). با وجود تمام هزینه‌های موجود، فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، حذف‌شدنی نیست و باید فعالیت‌های این حوزه را به‌صورت دانش‌محور مدیریت کرد (تان و راگوان، ۲۰۰۷). اطمینان به فعالیت‌های حوزهٔ نگهداری و تعمیرات، زمانی حاصل می‌شود که عملکرد سیستم ارزیابی شود. رویکردهای مختلفی برای ارزیابی عملکرد نت ارائه شده است؛ ولی تاکنون از منظر شکست‌ناپذیری به آن توجه نشده است. شکست‌ناپذیری در برخی کسب‌وکارها مانند توسعهٔ منابع آب (بابویک و همکاران، ۲۰۱۸) فنّاوری اطلاعات و ارتباطات و مدیریت ریسک (مارتینتی و همکاران، ۲۰۱۸؛ روسو و سیانکارینی، ۲۰۱۷)، طراحی و توسعهٔ معیارهای مدل‌سازی دینامیکی (بروین و همکاران، ۲۰۱۹)، اکوسیستم کسب‌وکار (رمضانی و همکاران، ۲۰۲۰)، بهبود عملکرد قهرمانان ورزشی (هیل و همکاران، ۲۰۲۰) و تقویت ساختار نظامی (اومنی، ۲۰۲۱)، کاربرد زیادی داشته است. در پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر رویکرد شکست‌ناپذیری بر مؤلفه‌های کلیدی ارزیابی عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات در منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور، پاسخدهی به پرسش‌های ذیل مد نظر قرار می‌گیرد:

- مؤلفه‌های اساسی رویکرد شکست‌ناپذیری کدام است؟
- شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد نت منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور کدام است؟
- مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری مؤثر بر شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد نت منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور کدام است؟
- رویکرد شکست‌ناپذیر ارزیابی عملکرد نت منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور چه ویژگی‌هایی دارد؟

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۲. مبانی نظری

۲,۱. ارزیابی عملکرد

همهٔ شرکت‌ها نیازمند ارزیابی عملکرد خود هستند تا بتوانند با وجود چالش‌های موجود (میشلی و مورا، ۲۰۱۷)، فرایندهای رسیدن به اهداف تعریف‌شده را مدیریت کنند (ماسترینی و همکاران، ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر، به مبحث توسعهٔ دانش، مدل و چارچوب‌های ارزیابی عملکرد، توجه زیادی شده است؛ ولی تعریف جامعی از آن وجود ندارد (نیلی و همکاران، ۱۹۹۵؛ اخوان و همکاران، ۲۰۱۷). جدول شمارهٔ ۱، برخی از مدل‌های توسعه‌یافتهٔ ارزیابی عملکرد را نشان می‌دهد (پاریدا و چتوپادیای، ۲۰۰۷).

جدول ۱- مدل‌های مختلف ارزیابی عملکرد (پاریدا و چتوپادیای، ۲۰۰۷)

مرجع	شاخص‌ها	چارچوب/ مدل
سینک و تاتل، ۱۹۸۹	بهره‌وری، اثربخشی، کیفیت زندگی کاری، ابداع، توان سودآوری/ بودجه، تعالی، بقا و رشد	سینک و تاتل
چندلر، ۱۹۹۷؛ اسکوسن و همکاران، ۲۰۰۱	نسبت‌های مالی، برگشت سرمایه	هرم دوپونت
کیگان و همکاران، ۱۹۸۹	عوامل هزینه‌ای و غیرهزینه‌ای، عوامل داخلی و خارجی	ماتریس PM
فیتزجرالد و همکاران، ۱۹۹۱	به‌کارگیری منابع، ابداع، بازده سرمایه، رقابت‌پذیری، کیفیت، انعطاف‌پذیری	ماتریس نتایج و دترمینان
دیکسون و همکاران، ۱۹۹۰	تحلیل داده‌ها برحسب جایگاه مدیر، استراتژی‌ها، فعالیت‌ها و مقادیر ارزیابی‌شده	ارزیابی عملکرد پرسش‌نامه
براون، ۱۹۹۶	مقادیر ورودی، مقادیر فرایندی، مقادیر خروجی، نتایج خروجی	چارچوب براون
لینچ و کراس، ۱۹۹۱	کیفیت، انتقال، زمان فرایند، هزینه، رضایت مشتری، انعطاف‌پذیری، بهره‌وری، مقادیر بازاریابی، مقادیر مالی	هرم ارزیابی SMART
کاپلان و نورتن، ۱۹۹۲	مالی، مشتری، فرایندهای داخلی، یادگیری و رشد	کارت امتیازی متوازن BSC
فلاپر و همکاران، ۱۹۹۶	برگرفته از استراتژی، بهبود مستمر، سرعت و دقت، هدف، ارتباط	ارزیابی عملکرد سیستم‌های سازگار
لایتینن، ۱۹۹۶	انعطاف‌پذیری، کیفیت، مالی، رضایت مشتری، عوامل انسانی	چارچوب ارزیابی عملکرد صنایع کوچک
نیلی و همکاران، ۱۹۹۷	کیفیت، انعطاف‌پذیری، به‌موقع‌بودن، رضایت مشتری، عوامل انسانی	فرایند ارزیابی عملکرد کمبریج
قلایانی و همکاران، ۱۹۹۷	مالی، رضایت مشتری، عوامل انسانی، انعطاف‌پذیری، کیفی	سیستم ارزیابی عملکرد یکپارچه دینامیک
مدوری و استیپل، ۲۰۰۰	کیفیت، انعطاف‌پذیری، مالی، مشتری، به‌موقع‌بودن، رضایت مشتری	چارچوب ارزیابی عملکرد یکپارچه
بیتیتچی، ۱۹۹۴	مالی، رضایت مشتری، عوامل انسانی، کیفیت، انعطاف‌پذیری	سیستم ارزیابی عملکرد
بیتیتچی و همکاران، ۲۰۰۰	سیستم پایش درونی و برونی، سیستم بازنگری، زیرساخت فنّاوری اطلاعات	سیستم‌های ارزیابی عملکرد دینامیک
اولیور و پالمر، ۱۹۹۸	رضایت مشتری، عوامل انسانی، کیفیت، انعطاف‌پذیری، مالی	مدل یکپارچهٔ اندازه‌گیری
کانجی، ۱۹۹۸	ارزش سهامداران، مایهٔ رضایت سهامداران، یادگیری سازمانی، تعالی فرایند	کارت امتیازی رقابتی کسب‌وکار
ادوینسن و مالون، ۱۹۹۷؛ سویبای، ۱۹۹۷	تمرکز مالی، تمرکز مشتری، تمرکز منابع انسانی، تمرکز فرایند، بازسازی و تمرکز توسعه	ناوبری اسکاندیا
مک‌کان، ۱۹۹۸؛ آبران و بوگلیون، ۲۰۰۳	دیدگاه مالی، رضایت مشتری، فرایندهای داخلی، زیرساخت و ابداع، دیدگاه مردم	کارت امتیازی متوازن- IT BITS
آبران و بوگلیون، ۲۰۰۳	دیدگاه مالی، دیدگاه مشتری، فرایند، مردم، زیرساخت و ابداع	پیشرفتهٔ اطلاعاتی BSC AISBSC
اسویبای، ۱۹۹۷	ساختار داخلی: رشد، بازیابی، بازده، ثبات، ریسک ساختار خارجی: مشتری، تأمین‌کننده، برندها، مارک‌های تجاری رقابت اعضا: مهارت‌ها، تحصیلات، تجربه، ارزش‌ها، مهارت‌های اجتماعی	پایش سرمایه‌های مشهود
آبران و بوگلیون، ۲۰۰۳	کیفیت، اقتصاد، عوامل فنی– اجتماعی	QUEST
ونگ راسامی و همکاران، ۲۰۰۳	رهبری، توانمندسازها: مدیریت مردم، سیاست و استراتژی، منابع، فرایندها نتایج: رضایت مردم و مشتری، تأثیر بر اجتماع و نتایج کسب‌وکار	استاندارد اروپایی مدیریت کیفیت EFQM

برای ارزیابی عملکرد نت، تعریف مجموعه‌ای از شاخص‌های کمّی، که قابلیت استفاده داشته باشد، ضروری است (نیلی و همکاران، ۲۰۰۲؛ وایرمن، ۱۹۹۰). در مواردی که شاخص‌های ارزیابی عملکرد از لایه‌های عملیاتی به لایه‌های مدیریتی پیوند داده می‌شود، به شاخص کلیدی عملکرد تبدیل می‌شود و نتایج کلیدی عملکرد را نمایش می‌دهد (پاریدا و کومار، ۲۰۰۶). مدل‌های ارائه‌شده، نتایج مثبتی در اجرا و اثربخشی داشته است (کاپلان و نورتن، ۲۰۰۰)؛ ولی پژوهش‌ها نشان‌دهندهٔ مشکلات بسیاری در اجرایی‌بودن یا نبودن بیشتر پروژه‌های استقرار مدل‌های ارزیابی عملکرد است (اشنایدرمن، ۱۹۹۹). برخی پژوهش‌ها، میزان ناموفق‌بودن استقرار مدل‌ها را تا ۷۰ درصد بیان می‌کند (مک‌کان، ۱۹۹۸). علل عمدهٔ این شکست‌ها ناشی از نبود رهبری مناسب، مقاومت در برابر تغییر، ارزیابی‌نکردن دقیق اهمیت شاخص‌ها، تدوین اهداف بدون توجه به منافع ذی‌نفعان، کمال‌گرایی، ارتباط‌نداشتن استراتژی به اهداف، تعدد شاخص‌های ارزیابی، تعریف ضعیف شاخص‌ها، صعوبت دسترسی به داده‌ها، نتایج غیرکاربردی شاخص‌ها، محدودیت‌های زمانی و مکانی، رشد سریع فنّاوری و تغییرات ساختاری در سازمان‌هاست (بورن و همکاران، ۲۰۰۳؛ پاریدا و همکاران، ۲۰۱۵). وجود چنین موانع مهمی در اجرا، ضرورت انجام‌دادن پژوهش‌های جدید را با رویکردهای متفاوت نسبت به گذشته مشخص می‌کند؛ امر مهمی که در پژوهش حاضر به آن توجه شده است.

۲,۲. شکست‌ناپذیری

مبحث قوهای سیاه را در ابتدا نیکلاس طالب برای مواجهه با بحران‌های مالی مطرح کرد (طالب، ۲۰۱۵). نظریهٔ قوی سیاه به رویدادهایی اشاره داد که بسیار کمیاب[۸] و غیرمحتمل[۹] است؛ ولی پس از رخداد، آثار زیادی بر جا می‌گذارد. قوی سیاه، سه ویژگی اساسی دارد: پیش‌بینی‌ناپذیر است، پیامدهای عظیمی دارد و پس از رخداد، پیش‌بینی‌پذیر جلوه می‌کند.

شکل ۱- سیر تحول و توسعهٔ سیستم‌ها از شکست تا شکست‌ناپذیری (طالب، ۲۰۱۲)

سیستم‌ها با توجه به توانایی خود در یک طیف متمایز از شکننده[۱۰]، قوی/ پایدار[۱۱] و شکست‌ناپذیر عمل می‌کنند. شکل شمارهٔ ۱، سه نوع رفتار ممکن یک سیستم را در هنگام مواجهه با استرس نشان می‌دهد (طالب، ۲۰۱۲). مفهوم شکست‌ناپذیری در مسائل اجتماعی-اقتصادی مطرح شد؛ ولی با توسعهٔ آن توسط دیگر پژوهشگران و استدلال‌های انجام‌شده، از این مفهوم در محیط‌های صنعتی نیز می‌توان استفاده کرد (آبید و همکاران، ۲۰۱۴؛ دربیشایر و رایت، ۲۰۱۴).

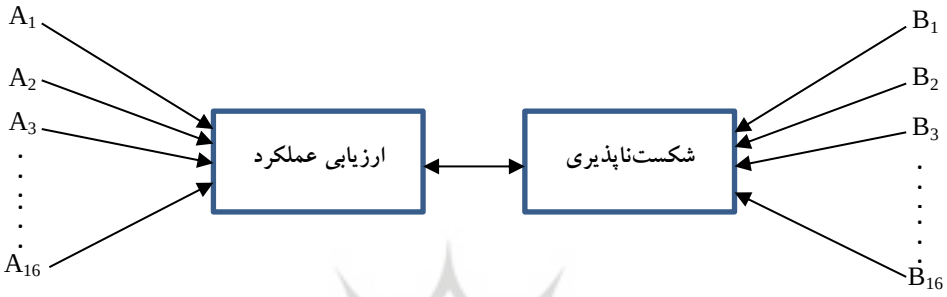
جدول شمارهٔ ۲، برخی پژوهش‌های اخیر داخلی و خارجی را دربارهٔ کاربردهای شکست‌ناپذیری در کسب‌وکارهای مختلف نمایش می‌دهد.

جدول ۲- برخی پژوهش‌های داخلی و خارجی دربارهٔ شکست‌ناپذیری

نویسنده/ سال	عنوان
خوش‌سپهر و همکاران، ۱۳۹۶	ارتقای بهره‌وری زنجیره تأمین با به‌کارگیری نظریه شکست‌ناپذیری
قاسمی و همکاران، ۱۳۹۵	ارائهٔ چارچوبی برای سنجش و ارزیابی شکست‌ناپذیری نظامی از سیستم‌ها
ملکی و همکاران، ۱۳۹۵	شکست‌ناپذیری سازمانی الگویی برای تحقق اقتصاد مقاومتی
مؤدی و همکاران، ۲۰۲۰	مدل دینامیک بهینه‌سازی در توسعهٔ تأمین آب با جریان نامشخص
ساچی، ۲۰۲۰	کاربرد نسبیت در شکست‌ناپذیری
رمضانی و همکاران، ۲۰۲۰	رویکرد تاب‌آوری[۱۲] و شکست‌ناپذیری در اکوسیستم‌های کسب‌وکار
کیم و همکاران، ۲۰۱۹	ساختارهای چندلایه در تولید سیستم‌های شکست‌ناپذیر در مدل‌های شبکهٔ بولی[۱۳]
اشمیت، ۲۰۱۹	آناتومی یک حادثه: نشتی گاز هیدروژن و سیستم‌های ایمنی شکست‌ناپذیر
مارتینتی و همکاران، ۲۰۱۸	مهندسی تاب‌آوری و شکست‌ناپذیری: رخداد حادثه در پلتفرم بالابرهای سیار
لیچمن و همکاران، ۲۰۱۸	ارتباطات شکست‌ناپذیر
درویانکو، ۲۰۱۷	مطالعه‌ای پیرامون تأثیر شکست‌ناپذیری بر شهرت و اعتبار کسب‌وکارها
ایکرت جی، ۲۰۱۷	چابکی در مصنوعات، رویکردی شکست‌ناپذیر در طراحی و خلاقیت
احمدزاده و قاسمی، ۲۰۱۷	مطالعهٔ موردی: تأثیر شکست‌ناپذیری بر بانکداری و چاپ اسکناس
بلسیچ و سکچینی، ۲۰۱۷	به سوی شکست‌ناپذیری شهرها و ساختمان‌های درون‌شهری
هول، ۲۰۱۶	سیستم‌های مخابراتی شکست‌ناپذیر
بندل، ۲۰۱۶	ساختن سازمان شکست‌ناپذیر: ریسک، فرصت و مدیریت در جهان آشفته
دووندورف و همکاران، ۲۰۱۶	ویژگی شکست‌ناپذیری در سیستم‌های سایبری
رافی، ۲۰۱۵	شکست‌ناپذیری در اقتصاد اسلامی
ورهلست و همکاران، ۲۰۱۵	شکست‌ناپذیری: مهندسی سیستم‌ها در بهترین وضعیت
کلنسی، ۲۰۱۵	پیچیدگی و سیستم‌های سلامت شکست‌ناپذیر
کنن، ۲۰۱۵	نگرشی جدید به شکست‌ناپذیری در سازمان‌های تولیدی کوچک و متوسط
آبید و همکاران، ۲۰۱۴	به سوی زیرساخت‌های رایانش ابری شکست‌ناپذیر
دی‌فلوریو، ۲۰۱۴	شکست‌ناپذیری= مدل‌ها و الگوریتم‌های ارتجاعی+ تاب‌آور+ یادگیری ماشینی
زیتسمن، ۲۰۱۴	کاربرد شکست‌ناپذیری در زنجیره تأمین
جانسون و جورج، ۲۰۱۳	تحلیل شکست‌ناپذیری و چارچوب برآورد برای سیستم‌هایی از سیستم‌ها

۲،۳. رویکرد نگهداری و تعمیرات شکست‌ناپذیر

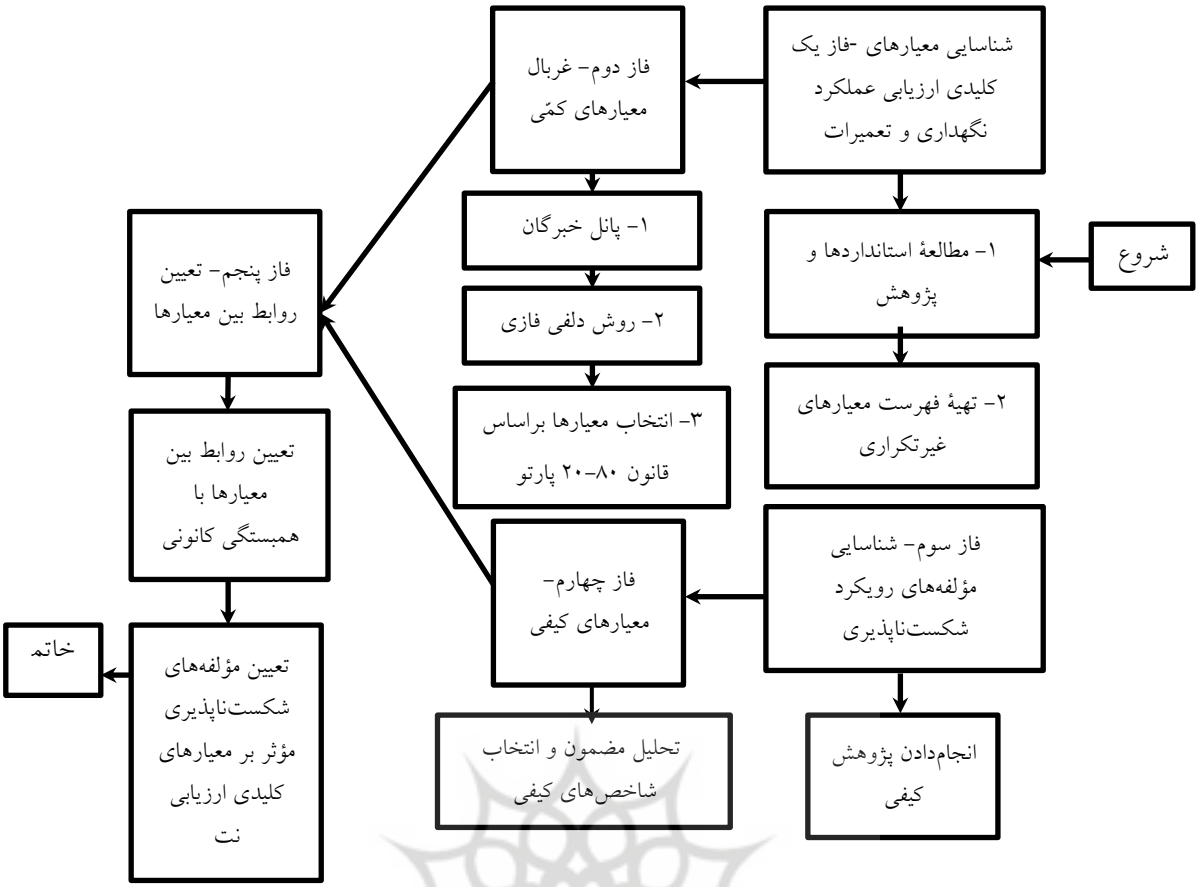
با وجود پیشرفت‌های حاصل‌شده، فقط یک‌سوم صنایع تولیدی، که ارزیابی سیستم‌های نگهداری و تعمیرات را انجام داده‌اند، از مزایای کامل آن بهره‌مند شده‌اند (سیموئز و همکاران، ۲۰۱۱). پژوهش‌ها نشان داد علاوه بر نیاز به استفاده از نقش عامل شناخت انسانی، رسیدن به اثربخشی کامل ارزیابی عملکرد، مستلزم داشتن معیارهای یکپارچه و مرتبط با استراتژی سازمان است (کفالیدو و همکاران، ۲۰۱۸). شکست‌ناپذیری، رویکرد نوینی است که مبنای تحلیل و شناخت انسانی را در خود دارد و پژوهش حاضر به دنبال شناسایی مؤلفه‌های آن و ارتباط آنها با شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد نت است. شکل شمارهٔ ۲، مدل پیشنهادی پژوهش را نمایش می‌دهد. در این شکل، A_i شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد نت و B_i مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری است.



شکل ۲- مدل اجرای پژوهش

۳. روش‌شناسی پژوهش

همانگونه که در شکل شمارهٔ ۳ نشان داده شده است، پژوهش حاضر به‌صورت مدلی آمیخته و در پنج مرحله طراحی و اجرا شده است. از آنجا که پژوهش حاضر به‌صورت آمیخته انجام شده است، ازنظر مبانی فلسفی می‌توان آن را در گروه پارادایم پراگماتیسم قرار داد. ازنظر هدف نیز پژوهش حاضر، کاربردی- بنیادی محسوب می‌شود. با توجه به ضرورت استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری و استفاده از نظر خبرگان، ده نفر از کارکنان منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور، که آشنایی زیادی با مسائل صنعت و مبانی علمی داشتند، به روش هدفمند قضاوتی به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. از جامعهٔ آماری، دو نفر، تحصیلات دکتری؛ شش نفر، تحصیلات کارشناسی ارشد و دو نفر، تحصیلات کارشناسی داشتند.



شکل ۳- رویکرد آمیخته برای ارزیابی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری

۴. مطالعهٔ موردی و یافته‌ها

پژوهش حاضر به‌عنوان مطالعهٔ موردی در منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز انجام شده است که وظیفهٔ انتقال بیشتر از ۸۰ درصد گاز تولیدی کشور را بر عهده دارد. بیشتر از ۲۰۰۰ کیلومتر خط لولهٔ ۵۶ اینچ فشار قوی، ۲۹ دستگاه توربوکمپرسور ۲۵ مگاواتی، ۱۰ دستگاه ژنراتور برق اضطراری، سیستم‌های انتقال قدرت، کمپرسورهای هوای فشرده و هوای ابزار دقیق و سایر تجهیزات جانبی، ازجمله سرمایه‌های فیزیکی طراحی و اجراشده در منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور است. این حجم زیاد از سرمایه‌های فیزیکی در منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور، مستلزم توجه جدی مدیران به ارزیابی عملکرد فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات است؛ از این‌رو، برنامه‌های نگهداری و تعمیرات در منطقه به‌صورت تعمیرات پیشگیرانه و دوره‌ای، برنامه‌ریزی و انجام می‌شود. تعمیرات اضطراری نیز به‌صورت فعالیت‌های تعمیراتی غیربرنامه‌ریزی‌شده اجرا می‌شود. بهبود و اثربخشی بیشتر فعالیت‌های تعمیراتی پیشگیرانه و اضطراری، نیازمند پژوهش و استفاده از استراتژی‌های تعمیراتی دانش‌محور است. پژوهش حاضر، گامی برای بهبود و اثربخشی بیشتر فعالیت‌های موجود با رویکرد شکست‌ناپذیری است.

۴،۱. بخش کمّی

درابتدا، کلیّهٔ شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد نت از استانداردهای جهانی مانند انجمن نگهداری و تعمیرات آمریکا، سازمان استاندارد ISO14224، استاندارد بریتانیایی و مبانی نظری موضوع بررسی شد. شاخص‌های مشابه و تکراری با نظر پانل تخصصی، حذف و موارد باقیمانده در جدول اطلاعات کلیّهٔ شاخص‌های نت گنجانده شد. درادامه، خبرگان به هر کدام از معیارهای کلیدی عملکرد براساس طیف لیکرت، نمره‌ای بین ۱ تا ۵ براساس اهمیت موضوع دادند. نظر به تفاوت تخصص و تجربهٔ هر کدام از خبرگان، ضریب و اهمیت نظر هر کدام از آنها نیز محاسبه و در نمرات ارائه‌شده تأثیر داده شد. ۱۳۱ شاخص کلیدی ارزیابی عملکرد سیستم‌های نگهداری و تعمیرات با روش میانگین وزنی ساده و پانل خبرگان رتبه‌بندی اولیه شد. برای ارزیابی عملکرد به شاخص‌های جامع و مانع نیاز است (وایرمن، ۱۹۹۰)؛ بنابراین، در فیلتر اولیه و با رعایت تأثیر اصل پارتو[۱۴] در توزیع عوامل مهم نسبت به عوامل کم‌اهمیت (رید و جورجنسن، ۲۰۰۴)، پنجاه شاخص برتر مرحلهٔ اول، انتخاب شد و خبرگان با روش دلفی فازی، آنها را در دو مرحله ارزیابی کردند. برای اطمینان از پوشش کامل شاخص‌های مهم، میزان پذیرش اجماع نظر خبرگان، ۷۰ درصد منظور شد. درنهایت، در دو مرحله و با استفاده از مصاحبه با خبرگان و به‌کارگیری تکنیک دلفی فازی[۱۵]، ۱۶ معیار کلیدی ارزیابی عملکرد متناسب با سیستم نگهداری و تعمیرات منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور استخراج شد.

روش دلفی فازی[۱۶] را ایشیکاوا و همکاران (۱۹۹۳) ارائه کردند. روش دلفی فازی، یک روش تصمیم‌گیری گروهی است که ابهام درک مشترک نظرات متخصصان را حل می‌کند (نوردرهابن، ۱۹۹۵). روش دلفی فازی، ترکیبی از روش دلفی و نظریهٔ فازی و به‌طور عمده بر عدم اطمینان و متغیرهای زبانی متمرکز است. در این روش از اعداد فازی مثلثی (نظریهٔ فازی) برای بهبود اشکالات روش سنتی دلفی استفاده می‌شود که ممکن است فقط ۵۰ درصد اطلاعات لازم را ارائه دهد.

در مقایسه با روش دلفی، در این روش زمان صرف‌شده برای گردآوری داده‌ها کاهش می‌یابد و درنتیجه، پیچیدگی کمتری دارد. در این روش، تابع عضویت، ۰ یا ۱ است که درنتیجهٔ تجزیه‌وتحلیل لجستیکی این دو مقدار به ما امکان می‌دهد ۵۰ درصد اطلاعات مهم دیگر را نادیده بگیریم (چن، ۲۰۰۱). دورهای استفاده‌شده در روش دلفی فازی، بسیار کمتر از موارد استفاده‌شده در روش دلفی است. علاوه بر این، روش دلفی فازی دقیقاً مفاهیم یک ساختار زبانی را بیان می‌کند. به‌طور کلی، این روش، روش ساده و نظام‌مندی برای حل مسائل چندمعیاره است؛ زیرا قابلیت اطمینان و اعتبار یک مقیاس زبانی فازی، بیشتر از مقیاس سنتی است (ایشیکاوا و همکاران، ۱۹۹۳). در جدول شمارهٔ ۳، نتایج محاسبات و رتبهٔ شاخص‌ها در مرحلهٔ دوم روش دلفی فازی آورده شده است.

جدول ۳ - نتایج مرحلهٔ دوم دلفی فازی (شاخص‌های نهایی ارزیابی عملکرد نت منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور)

ردیف	معیار ارزیابی	ارزش فازی هر یک از پرسش‌ها			مقدار دی فازی‌شدهٔ هر پرسش	وضعیت پرسش‌ها	درصد اجماع	مقدار وزن	رتبه
		L	M	U					
۱	قابلیت دسترسی	۴	۴/۸۸۹۶۶۴	۵	۴/۶۹۴۸۳۲	تأییدشده	۹۰	۰/۰۵۲۲۱۶	۳
۲	میانگین زمان بین توقفات	۴	۴/۸۸۹۶۶۴	۵	۴/۶۹۴۸۳۲	تأییدشده	۹۰	۰/۰۵۲۲۱۶	۳
۳	قابلیت اطمینان	۵	۵	۵	۵	تأییدشده	۱۰۰	۰/۰۵۵۶۱	۱
۴	میانگین زمان ازکارافتادگی تجهیز	۳	۴/۵۴۳۶۳۲	۵	۴/۲۷۱۸۱۶	تأییدشده	۷۰	۰/۰۴۷۵۱۱	۱۴
۵	میانگین زمان بین تعمیرات	۳	۴/۵۴۳۶۳۲	۵	۴/۲۷۱۸۱۶	تأییدشده	۷۰	۰/۰۴۷۵۱۱	۱۴
۶	زمان عملیاتی کل به تعداد توقفات	۵	۵	۵	۵	تأییدشده	۱۰۰	۰/۰۵۵۶۱	۱
۷	تعداد توقفات آسیب‌رسان به کارکنان نت به کل توقفات	۴	۴/۸۸۹۶۶۴	۵	۴/۶۹۴۸۳۲	تأییدشده	۹۰	۰/۰۵۲۲۱۶	۳
۸	هزینهٔ نت اصلاحی به نت کل	۳	۴/۶۴۶۱۶	۵	۴/۳۲۳۰۸	تأییدشده	۸۰	۰/۰۴۸۰۸۱	۱۱
۹	هزینهٔ نت پیشگیرانه به هزینهٔ نت کل	۳	۴/۶۴۶۱۶	۵	۴/۳۲۳۰۸	تأییدشده	۸۰	۰/۰۴۸۰۸۱	۱۱
۱۰	درصد کارهای تکراری	۳	۴/۵۴۳۶۳۲	۵	۴/۲۷۱۸۱۶	تأییدشده	۷۰	۰/۰۴۷۵۱۱	۱۴
۱۱	تعداد توقفات آسیب‌رسان محیط زیست به کل توقفات	۴	۴/۷۸۱۷۶۲	۵	۴/۶۴۰۸۸۱	تأییدشده	۸۰	۰/۰۵۱۶۱۶	۸
۱۲	تعداد افراد آسیب‌دیدهٔ نت به کل کارکنان نت	۴	۴/۸۸۹۶۶۴	۵	۴/۶۹۴۸۳۲	تأییدشده	۹۰	۰/۰۵۲۲۱۶	۳
۱۳	آپتایم (آماده به کار بودن)	۳	۴/۶۴۶۱۶	۵	۴/۳۲۳۰۸	تأییدشده	۸۰	۰/۰۴۸۰۸۱	۱۱
۱۴	هزینهٔ نت مبتنی بر وضعیت به نت کل	۴	۴/۷۸۱۷۶۲	۵	۴/۶۴۰۸۸۱	تأییدشده	۸۰	۰/۰۵۱۶۱۶	۸
۱۵	درصد درخواست کارهای انجام‌شده به کل درخواست‌های صادرشده	۴	۴/۶۷۶۲۴۲	۵	۴/۵۸۸۱۲۱	تأییدشده	۷۰	۰/۰۵۱۰۲۹	۱۰
۱۶	ساعات کار ازدست‌رفتهٔ کارکنان نت به کل ساعات کار کارکنان نت	۳	۴/۵۴۳۶۳۲	۵	۴/۲۷۱۸۱۶	تأییدشده	۷۰	۰/۰۴۷۵۱۱	۱۴

۴،۲. بخش کیفی - تحلیل مضمون

روش کیفی تحلیل مضمون برای تحلیل داده‌های متنی کاربرد دارد و داده‌های پراکنده و متنوع را به داده‌هایی غنی و تفصیلی تبدیل می‌کند (هولووی و تودرس، ۲۰۰۳). معمولاً در مطالعاتی مانند پژوهش حاضر، اگر تعداد متون و داده‌های آنها زیاد باشد، روش قالب مضامین به کار گرفته می‌شود (کمالی، ۲۰۱۸). روش نمونه‌گیری پژوهش حاضر به‌صورت غیرتصادفی هدفمند است و اصل نمونه‌گیری کیفی، یعنی بازنمایی نمادین در آن رعایت شده است (براون و کلارک، ۲۰۰۶).

مرحلهٔ اول؛ آشنایی با داده‌ها: در این مرحله، بازخوانی داده‌ها و جست‌وجوی معانی آنها ضمن یادداشت‌برداری انجام شد (کلارک و براون، ۲۰۱۳). این یادداشت‌ها از مطالعهٔ بیشتر از ۵۰ مقاله و کتاب به دست آمده بود که علاوه بر روش دستی در نرم‌افزار مکس کیودا ۲۰۲۰ نیز ثبت شده بود.

مرحلهٔ دوم؛ ایجاد کدهای اولیه: کدهای باز، ویژگی‌هایی از داده‌ها را معرفی می‌کند که ازنظر پژوهشگر جالب است و با پرسش‌های پژوهش، ارتباط زیادی دارد (کلارک و براون، ۲۰۱۳). در این مرحله، قسمت‌هایی از متون، که برای پرسش‌های پژوهش مفهوم داشت، انتخاب و برچسب‌گذاری شد. ۴۹۱ کد باز در این مرحله شناسایی شد. جدول شمارهٔ ۴، برخی کدهای باز یکی از مضامین را نمایش می‌دهد.

مرحلهٔ سوم؛ جست‌وجوی مضامین با کدهای باز[۱۷]: با تفسیر کدهای اولیه (باز) به شناسایی مضمون‌ها اقدام شد و کدهای استخراج‌شده در قالب کدهای گزینشی قرار گرفت. کدهای باز و کدهای گزینشی شناسایی‌شده در قالب ۲۵۴ مضمون دسته‌بندی شد.

جدول ۴- مفاهیم و کدهای باز یکی از مضامین (خروجی ماکس کیودا)

برچسب	مفاهیم و منابع کدهای اولیه و باز	مضمون پایه
Abs 01	Antifragile: Things That Gain from Disorder", specifies systems that are capable of **absorbing** shocks and be improved positively by them	System behavior in face of volatility, shocks and stress
Abs 04	Antifragility, is defined as a property of a system that can **absorb** chaos and errors to learn and grow	
Abs 05	More than being robust or resilient, which resist or **absorb** volatility, an antifragile strategy benefits from volatility, adapts, and becomes better	

مرحلهٔ چهارم؛ بازبینی مضامین و خلق مضامین سازمان‌دهنده: با بازنگری مجدد و غربال بیشتر مضمون‌ها، کوشش شد مضمون‌ها غیرتکراری و جامع باشد. همانگونه که در جدول شمارهٔ ۵ مشاهده می‌شود، این مرحله به استخراج ۱۸ مضمون سازمان‌دهنده منجر شده است که دربردارندهٔ مضامین پایه برای متغیر شکست‌ناپذیری است.

مرحلهٔ پنجم؛ تعریف و نام‌گذاری مضامین اصلی: مضمون‌ها بار دیگر تحلیل و فرایند به ظهور مضامین فراگیر ساختاری و رفتاری منتهی شد. این مضمون‌ها در جدول شمارهٔ ۵ مشاهده می‌شود.

جدول ۵- مضامین اصلاح‌شدهٔ نهایی شکست‌ناپذیری

فراگیر	سازمان‌دهنده	پایه
مؤلفه‌های رفتاری	یادگیری و رشد	سیستم در مواجهه با استرس محیطی ضمن به‌کارگیری فرایندهای یادگیری، از اشتباه‌های موجود استفاده می‌کند و قوی‌تر می‌شود. (۸۵ مورد)
	عدم تقارن	سیستم هنگام مواجهه با عدم اطمینان‌های محیطی، حرکت صعودی بیشتری نسبت به حرکت نزولی خواهد داشت. (۱۲ مورد)
	شکست خلاق محور پانارشی	برای شکست‌ناپذیری باید اجزای کوچک‌تر به‌گونه‌ای طراحی شود که در مواقع ضروری، قربانی بقای سیستم اصلی شود. (۱۹ مورد)
	رویکردهای پیش‌بینی‌نشده[۱۸]	نتایج برنامه‌ریزی‌نشده در برخی موارد، ساختارهای نوظهوری را در سیستم ایجاد می‌کند. (۱۲ مورد)
	هیورستیک	قواعد ساده‌ای است که سیستم به‌مرور زمان برای مواجهه با مشکلات آموخته است. (۴ مورد)
	تجربه و تخصص‌گرایی	منظور آن است که مداخله‌نکردن کارشناسان کم‌تجربه در امور باعث افزایش عملکرد سیستم می‌شود. (۵ مورد)
	تاب‌آوری	باعث می‌شود سازمان‌ها در مقابل تهدیدها، عملکرد بهتری داشته باشند. (۸ مورد)
	چابکی	شکست‌ناپذیری را می‌توان قسمتی از فعالیت‌های چابکی سیستم تعریف کرد. (۴ مورد)
	هورمونیزه‌کردن	حذف کامل عوامل منفی برای سیستم مضر است. (۱۲ مورد)
	ریسک‌های ناشناخته	توانایی سیستم در شناخت قوهای سیاه به شکست‌ناپذیری آن کمک می‌کند. (۱۶ مورد)
	باربل استراتژی	مدیریت ریسک به مسائل مهم در دوره‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت توجه می‌کند. (۶ مورد)
مؤلفه‌های ساختاری	آنتروپی	سازمان‌های شکست‌ناپذیر، آنتروپی زیادی دارند؛ اما این ویژگی سبب زوال آنها نمی‌شود؛ زیرا ماهیت آنها بر مبنای چندپارگی بنا شده است. (۳ مورد)
	انعطاف‌پذیری و تطابق عملیاتی با درجهٔ اتصال و آزادی سیستم	سازمان‌های شکست‌ناپذیر، ساختاری منعطف و چندپاره دارند. توازن بین محدودیت‌ها و درجهٔ آزادی از شرایط لازم بهینگی برای یک سیستم است. (۲۶ مورد)
	افزونگی	افزونگی، سیستم را پایدار می‌کند و در شکست‌ناپذیری یک سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود. افزونگی در بلندمدت، مزایای زیادی در مقایسه با بهینه‌سازی برای سازمان به همراه خواهد داشت. (۱۱ مورد)
	قابلیت اطمینان بالا	قابلیت اطمینان بالا برای سیستم ضروری است؛ ولی آن را شکست‌ناپذیر نمی‌کند. شکنندگی را می‌توان با قابلیت اطمینان بالا کنترل کرد. (۲ مورد)
	غیرخطی‌بودن	افزایش ورودی سیستم به همان میزان، افزایش خروجی را به همراه ندارد. (۲ مورد)
	رویه‌های شفاف	محیط‌های مختلفی وجود دارد که نمی‌توان قواعد کاری آن را شفاف تعریف کرد و به مشارکت حداکثری نیاز است (نظام مشارکت). (۹ مورد)
	پیچیدگی	هرچه تعداد عناصر سیستم زیادتر شود، پیچیدگی آن افزایش می‌یابد. (۱۰ مورد)

گوبا و لینکلن[19] چهار معیار را برای بررسی میزان اعتبارپذیری پژوهش‌های کیفی مطرح کرده‌اند (گرجی‌پور و همکاران، ۲۰۱۹). جدول شمارهٔ ۶، اعتبارپذیری این بخش پژوهش را نشان می‌دهد.

برای بررسی روایی مضامین علاوه بر مطالعهٔ مبانی نظری، از پیشینهٔ پژوهش و مصاحبه نیز در فرایند پژوهش استفاده شد. برای اعتبارسنجی نیز زاویه‌بندی داده‌ها و زاویه‌بندی تحلیلی سنجیده و تأیید شد.

برای سنجش پایایی، منابع استفاده‌شده به‌دقت، مطالعه و کدگذاری دستی انجام شد. برای کدگذاری رایانه‌ای، نسخهٔ ۲۰۲۰ نرم‌افزار مکس کیودا به کار رفت. نرم‌افزار ماکس کیودا، نرم‌افزاری بسیار کاربردی برای انجام‌دادن پژوهش‌های کیفی است که در پژوهش حاضر، با استفاده از آن با به‌کارگیری روش تحلیل مضمون، مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری شناسایی شد. نتایج این دو کدگذاری با یکدیگر مقایسه شد و ضریب توافق با روش هولستی[20] بین این دو روش کدگذاری، ۸۵ درصد به دست آمد.

جدول ۶- اعتبارپذیری کیفی پژوهش

معیار ارزیابی	شرح اقدام
مطلوب‌بودن	۱- پژوهشگر، تقریباً یک‌سال، اسناد را مطالعه کرده است. ۲- پژوهشگر و خبرگان، داده‌ها را به‌طور مستمر تحلیل کرده‌اند. ۳- کدگذاری دستی و رایانه‌ای به‌طور هم‌زمان انجام شده است.
انتقال‌پذیری	۱- اسناد مطالعه‌شده، معتبرترین اطلاعات را در حوزهٔ شکست‌ناپذیری داشتند. ۲- دربارهٔ یافته‌های پژوهش با خبرگان دانشگاهی و سازمانی تبادل نظر شده است.
قابلیت اطمینان	۱- همهٔ یادداشت‌های حاصل از مطالعهٔ اسناد ثبت و ضبط شده است.
تأییدپذیری	۱- انسجام درونی نتایج بررسی شده است.

۴،۳. ادغام نتایج کمّی و کیفی پژوهش

برای به دست آوردن رابطهٔ متغیرهای شکست‌ناپذیری و ارزیابی عملکرد نت از روش تحلیل همبستگی کانونی در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. تحلیل همبستگی کانونی، یکی از اعضای خانوادهٔ تکنیک‌های آماری خطی چندمتغیره است که در حدود ۷۰ سال پیش، اچ. هتلینگ[21] آن را توسعه داده است (یورتیو و همکاران، ۲۰۱۸). این روش، نقش برجسته‌ای به‌عنوان ابزاری اکتشافی به‌ویژه به هنگام ارتباط متغیرهای چندگانه با یک مقولهٔ تحلیلی دارد (لیما و همکاران، ۲۰۰۴). پژوهشگر در تحلیل رگرسیون چندگانه، وضعیت یک متغیر وابسته را نسبت به چندین متغیر مستقل بیان کرد که همیشه قابل استفاده نیست؛ زیرا گاهی ارتباط چندین متغیر مستقل از یک‌سو و چندین متغیر وابسته از سوی دیگر مد نظر است. تحلیل همبستگی کانونی، که از مدل‌های آماری چندمتغیره است، تحقق این هدف را ممکن می‌کند (گرین، ۲۰۱۴).

جدول شمارهٔ ۷، متغیرهای مستقل و وابستهٔ دو بعد شکست‌ناپذیری و ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات را نشان می‌دهد که درواقع، حاصل نتایج بخش‌های کمّی و کیفی پژوهش است. نتایج بررسی همبستگی متغیرهای پژوهش نشان می‌دهد یادگیری و رشد، پانارشی، هیورستیک، هورمونیزه‌شدن و باربل استراتژی از مؤلفه‌های رفتاری و افزونگی، نظام مشارکت و قابلیت اطمینان بالا از مؤلفه‌های ساختاری، بیشترین تأثیر را بر معیارهای کلیدی ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات در منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور دارد.

برای بررسی روایی محتوایی آزمون در این پژوهش از شاخص نسبت روایی محتوایی[۲۲] (CVR) استفاده شده است لاوشه[۲۳] طراحی کرده است.

جدول ۷- متغیرها و نمادهای پژوهش

معیارهای نت KPI	نماد	معیارهای شکست‌ناپذیری	نماد
قابلیت اطمینان	۱A	یادگیری و رشد	۱B
زمان عملیاتی کل به تعداد توقفات	۲A	عدم تقارن	۲B
قابلیت دسترسی	۳A	شکست خلاق محور پانارشی	۳B
میانگین زمان بین توقفات	۴A	رویکردهای پیش‌بینی‌نشده و نوظهور	۴B
درصد درخواست کارهای انجام‌شده به کل درخواست‌های صادرشده	۵A	هیورستیک	۵B
آپتایم (آماده به کاری)	۶A	تجربه و تخصص‌گرایی	۶B
میانگین زمان ازکارافتادگی تجهیز	۷A	تاب‌آوری	۷B
میانگین زمان بین تعمیرات	۸A	چابکی	۸B
درصد کارهای تکراری	۹A	هورمونیزه‌کردن	۹B
تعداد توقفات آسیب‌رسان به کارکنان نت به کل توقفات	۱۰A	ریسک‌های ناشناخته	۱۰B
تعداد افراد آسیب‌دیدهٔ نت به کل کارکنان نت	۱۱A	استراتژی باربل	۱۱B
تعداد توقفات آسیب‌رسان محیط زیست به کل توقفات	۱۲A	آنتروپی	۱۲B
ساعات کار ازدست‌رفتهٔ کارکنان نت به کل ساعات کار کارکنان نت	۱۳A	انعطاف‌پذیری با درجهٔ اتصال و توازن محدودیت‌ها و آزادی سیستم	۱۳B
هزینهٔ نت مبتنی بر وضعیت به نت کل	۱۴A	افزونگی	۱۴B
هزینهٔ نت اصلاحی به نت کل	۱۵A	قابلیت اطمینان بالا	۱۵B
هزینهٔ نت پیشگیرانه به نت کل	۱۶A	غیرخطی‌بودن	۱۶B
–	–	رویه‌های شفاف	۱۷B
–	–	پیچیدگی	۱۸B

برای تعیین CVR، پرسش‌نامهٔ طراحی‌شده در اختیار ۱۰ نفر از متخصصان قرار گرفت و با توجه به جدول شمارهٔ ۸، مقدار CVR قابل قبول، ۰/۶۲ در نظر گرفته شد. پرسش‌هایی که مقدار CVR محاسبه‌شده برای آنها کمتر از ۰/۶۲ بود، از آزمون کنار گذاشته شد.

جدول ۸- حداقل مقدار CVR قابل قبول براساس تعداد متخصصان نمره‌گذار (گیلبرت و پریون، ۲۰۱۶)

تعداد متخصصان	مقدار CVR	تعداد متخصصان	مقدار CVR	تعداد متخصصان	مقدار CVR
۵	۰/۹۹	۱۱	۰/۵۹	۲۵	۰/۳۷
۶	۰/۹۹	۱۲	۰/۵۶	۳۰	۰/۳۳
۷	۰/۹۹	۱۳	۰/۵۴	۳۵	۰/۳۱
۸	۰/۷۵	۱۴	۰/۵۱	۴۰	۰/۲۹
۹	۰/۷۸	۱۵	۰/۴۹	–	–
۱۰	۰/۶۲	۲۰	۰/۴۲	–	–

ب) شاخص روایی محتوایی[۲۴] (CVI): برای بررسی شاخص روایی محتوا از روش والتز و باسل[۲۵] استفاده شد. حداقل مقدار قابل قبول برای شاخص CVI برابر با ۰/۷۹ است.

$$CVI=\frac{\text{تعداد متخصصانی که به گویه نمرهٔ ۳ یا ۴ داده‌اند}}{\text{تعداد کل متخصصان}}$$

نتایج آماری از همبستگی مؤلفه‌های هر دو بعد شکست‌ناپذیری و ارزیابی عملکرد نگهداری و تعمیرات در جدول‌های شمارهٔ ۹ و ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۹- آزمون همبستگی کانونی معیارهای شکست‌ناپذیری و معیارهای نت KPI

متغیرهای کانونی	ضریب همبستگی کانونی	ضریب تعیین	نسبت تجمعی	ضریب تعین کل	مقدار ویژه	آمارهٔ ویلکز	F	Sig.
۱	۰/۹۴۷	۰/۸۹۷	۰/۸۹۷	۰/۹۵۹	۸/۶۳	۰/۰۱۹	۴/۶۵۶	۰/۰۰۰
۲	۰/۶۲۰	۰/۳۸۴	۰/۰۳۱		۰/۶۲۵	۰/۱۸۷	۲/۰۴۱	۰/۰۰۰
۳	۰/۵۱۰	۰/۲۶	۰/۰۱۸		۰/۳۵۱	۰/۳۰۴	۱/۶۲۵	۰/۰۰۰
۴	۰/۴۶۵	۰/۲۱۶	۰/۰۱۳		۰/۲۷۵	۰/۴۱۱	۱/۳۸۲	۰/۰۰۱

جدول ۱۰- شاخص‌های افزونگی کانونی برای اولین تابع کانونی

متغیرهای کانونی اول	مقدار واریانس تبیین‌شدهٔ معیارهای نت توسط معیارهای شکست‌ناپذیری	مقدار واریانس تبیین‌شدهٔ معیارهای شکست‌ناپذیری توسط معیارهای نت
۱	۰/۵۲۴	۰/۴۴۵
۲	۰/۰۱۹	۰/۰۴۴
۳	۰/۰۱۰	۰/۰۱۶
۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵

همانگونه که در جدول شمارهٔ ۹ نشان داده شده است، چهار تابع همبستگی کانونی در سطح اطمینان ۹۵ درصد، معنادار گزارش شده است که نشان‌دهندهٔ وجود پنج مجموعه متغیر وابسته است. هر متغیر کانونی، یک ضریب تعیین دارد. اولین همبستگی کانونی، مهم‌تر از دیگر همبستگی‌هاست. ضریب تعیین کل، مقدار تغییرات کل متغیرهای کانونی را نشان می‌دهد. اولین همبستگی کانونی، ۸۹/۷ درصد از واریانس را تبیین کرده است. متداول‌ترین معیار برای آزمون سطح معنی‌دار اولین همبستگی کانون، معیار آمارهٔ ویلکز است که با توجه به سطح معنی‌داری به‌دست‌آمده (۰/۰۰۰)، گفتنی است چهار مجموعه از متغیرها با یکدیگر پیوند دارد. برای تعیین نسبت واریانس تبیین‌شدهٔ هر گروه از متغیرها در دو بخش نسبت به خود و نسبت به گروه مقابل از شاخص افزونگی استفاده شد که در آن، درجهٔ همپوشانی بین دو مجموعه از متغیرها مشخص می‌شود. میزان افزونگی بالای ضرایب کانونی، نشان‌دهندهٔ توانایی زیاد آنها در پیش‌بینی متغیرهای وابسته است. براساس نتایج جدول شمارهٔ ۱۰، مقدار واریانس تبیین‌شدهٔ معیارهای نت توسط معیارهای شکست‌ناپذیری، برابر با ۵۲ درصد و مقدار واریانس تبیین‌شدهٔ معیارهای شکست‌ناپذیری توسط معیارهای نت، ۴۴ درصد ارزیابی شده است. این مقادیر، همبستگی بین مجموعه متغیرهای اشاره‌شده را به‌خوبی نمایان می‌کند.

برای تعیین پایایی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. این ضریب برای معیارهای نت، ۰/۸۷۲ و برای معیارهای شکست‌ناپذیری، ۰/۹۱ محاسبه و مورد قبول واقع شد.

۵. بحث

نتایج نشان داد مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری بر عوامل کلیدی ارزیابی عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور تأثیر دارد. تا جایی که بررسی‌ها نشان می‌دهد در هیچ کدام از پژوهش‌های گذشته، شاخص‌های ارزیابی عملکرد به دو گروه رفتاری و ساختاری تقسیم‌بندی نشده است که به این امر مهم در پژوهش حاضر توجه شده است؛ درنتیجه، گفتنی است به مؤلفه‌های ارزیابی عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات از دو منظر اصلاح ساختارها و رفتارها می‌توان توجه کرد. در بخش کمّی پژوهش، از بین ۱۳۱ شاخص موجود ارزیابی عملکرد نت، ۱۶ شاخص، اهمیت بیشتر دارد و متناسب با فعالیت‌های نت منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور شناسایی شد. در بخش کیفی پژوهش، با استفاده از روش تحلیل مضمون، ۱۸ مؤلفه برای شکست‌ناپذیری شناسایی شد. با استفاده از روش همبستگی کانونی در نرم‌افزار SPSS ارتباط شاخص‌های مرتبط با متغیرهای شکست‌ناپذیری و ارزیابی عملکرد نت بررسی شد. جدول شمارهٔ ۱۱، خلاصهٔ نتایج پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- خلاصهٔ نتایج پژوهش مبتنی بر شاخص‌های نت شکست‌ناپذیر

شاخص‌های کلیدی نگهداری و تعمیرات	شاخص رفتاری	شاخص ساختاری	رویکرد
درصد هزینهٔ نت مبتنی بر وضعیت میانگین زمان ازکارافتادگی درصد حوادث آسیب‌رسان به کارکنان میانگین زمان بین دو توقف	یادگیری و رشد پانارشی هیورستیک هورمونیزه‌شدن باربل استراتژی	افزونگی نظام مشارکت قابلیت اطمینان بالا	نگهداری و تعمیرات شکست‌ناپذیر

از مؤلفه‌های رفتاری، مضامین سازمان‌دهنده و یادگیری و رشد با بیشترین فراوانی، تأثیر زیادی در بهبود فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات دارد. هیورستیک، که دیگر مؤلفهٔ مؤثر شناسایی‌شده است، نیز براساس معیار یادگیری عمل می‌کند. سازمان در فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، قواعد مفید و ساده‌ای را به‌مرور زمان آموخته است که باید از آنها استفاده شود. اجرای منظم برخی قواعد سادهٔ نگهداری و تعمیرات مانند بازرسی‌های دوره‌ای شیرهای حساس یا تحلیل ارتعاشات ماشین‌های دوّار از روش‌های متداولی محسوب می‌شود که سازمان به‌مرور بر اهمیت آنها واقف شده است. معیار یادگیری و رشد در مدل‌های کارت امتیازی رقابتی کسب‌وکار (کانجی، ۱۹۹۸) و کارت امتیازی متوازن (کاپلان و نورتن، ۱۹۹۲) به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی عملکرد شناسایی شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

مشارکت ذی‌نفعان در شاخص‌های شناخته‌شده در رویکرد نت، شکست‌ناپذیر است که در مدل منشور ارزیابی نیز به آن اشاره شده است (نیلی و آدام، ۲۰۰۰). داشتن استراتژی مناسب برای هر صنعت از ملزومات اساسی مدیریت سازمان محسوب می‌شود (جمالی و کریمی‌اصل، ۲۰۱۸) که در رویکرد نگهداری و تعمیرات شکست‌ناپذیر پژوهش حاضر نیز بر اهمیت آن، با نام مضمون باربل استراتژی تأکید شده است. باربل استراتژی بر بی‌توجهی به نتایج میان‌مدت و تأکید بر نگاه هم‌زمان بر نتایج کوتاه‌مدت و بلندمدت اشاره دارد. اتخاذ استراتژی مناسب از معیارهایی است که در مدل‌های ارزیابی عملکرد سیستم‌های سازگار (فلاپر و همکاران، ۱۹۹۶)، پرسش‌نامهٔ ارزیابی

عملکرد (دیکسون و همکاران، ۱۹۹۰) و استاندارد اروپایی مدیریت کیفیت EFQM[۲۶] به آن اشاره شده است. رویکرد شکست‌ناپذیری پژوهش حاضر بر داشتن استراتژی در بازه زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت، به‌عنوان باربل استراتژی تأکید دارد؛ ولی در مدل‌های اشاره‌شدهٔ قبل، مفهوم استراتژی به‌صورت کلی ذکر شده است؛ درنتیجه، گفتنی است، نتایج پژوهش حاضر در مقایسه با سایر مطالعات با وجود مشابهت نسبی، کاربردی‌تر به شمار می‌آید.

پانارشی[۲۷] از دیگر مؤلفه‌های مهم شناسایی‌شدهٔ رویکرد شکست‌ناپذیری در پژوهش حاضر است که تابع نوآوری و خلاقیت است. ارتباط خلاقیت و یادگیری سازمانی، موضوعی است که به اصل پانارشی و حرکت به سمت شکست‌ناپذیری منجر می‌شود. ارتباط این دو متغیر در مطالعات پیشین نیز تأیید شده است (علوی و همکاران، ۱۳۹۳)؛ ولی مطالعات نشان می‌دهد موضوع با عنوان معیاری معین بررسی و استفاده نشده است. استفاده از خلاقیت و طراحی سیستم به‌گونه‌ای که در مواقع لازم، اجزای کوچک‌تر قربانی کل سیستم شود نیز موضوع مهمی است که در طراحی فرایندی سازمان باید به آن توجه شود. گفتنی است، معیار انعطاف‌پذیری با پانارشی متفاوت است؛ ولی در بیشتر مدل‌های پیشین مانند ماتریس نتایج و دترمینان (فیتزجرالد و همکاران، ۱۹۹۱)، هرم ارزیابی اسمارت (لینچ و کراس، ۱۹۹۱)، چارچوب ارزیابی عملکرد صنایع کوچک (لایتینن، ۱۹۹۶) و فرایند ارزیابی عملکرد کمبریج (نیلی و همکاران، ۱۹۹۷) تا حدودی به عملکرد این شاخص توجه شده است. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، معیار پانارشی از رویکرد شکست‌ناپذیری، شفافیت، قابلیت اجرایی و انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به عنصر خلاقیت در سایر مدل‌ها در طراحی مدل‌های ارزیابی عملکرد دارد.

در بخش معیارهای ساختار داخلی مدل پایش سرمایه‌های مشهود (اسویبای، ۱۹۹۷) به عامل مهم مدیریت ریسک اشاره شده است. در رویکرد شکست‌ناپذیری پژوهش حاضر علاوه بر مدیریت ریسک، به ضرورت حذف‌نکردن کامل استرس‌دهنده‌ها در سازمان با عنوان هورمونیزه‌کردن فرایندها برای بقای سیستم نیز توجه شده است. به نظر می‌رسد رویکرد شکست‌ناپذیری پژوهش حاضر، نگاه جامع‌تری به پدیدهٔ ریسک با عنوان هورمونیزگی دارد.

نتیجهٔ این پژوهش در مهم‌بودن افزونگی با سایر مطالعات حوزهٔ قابلیت اطمینان سیستم مشابهت دارد (بناتو و ناپولیتانو، ۲۰۰۸)؛ ولی به این موضوع در مدل‌ها و چارچوب‌های ارزیابی عملکرد بررسی‌شده، توجه نشده است. برخلاف بیشتر مطالعات، که بر بهینه طراحی‌شدن افزونگی سیستم تأکید دارد، در رویکرد شکست‌ناپذیری پژوهش حاضر، بهینه‌سازی افزونگی مطلوب نیست و توصیه می‌شود با توجه به نتایج بلندمدت اقتصادی، با دقت بیشتری به موضوع بیش‌طراحی[۲۸] افزونگی در سیستم توجه شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی یافته‌های پژوهش نشان داد از بین شاخص‌های متعدد ارزیابی عملکرد نت، ۱۶ شاخص برای مدیریت سیستم نگهداری و تعمیرات منطقهٔ ده انتقال گاز، اهمیت بیشتری دارد. علاوه بر این، مضامین مفهوم شکست‌ناپذیری با روش تحلیل مضمون شناسایی شد که شامل دو کد فراگیر، ۱۸ مضمون سازمان‌دهنده و ۲۵۴ کد باز است. یادگیری و رشد، پانارشی، هیورستیک، هورمونیزه‌شدن و باربل استراتژی از مؤلفه‌های رفتاری و افزونگی، نظام مشارکت و قابلیت اطمینان بالا از مؤلفه‌های ساختاری، بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد

(درصد هزینهٔ نت مبتنی بر وضعیت، میانگین زمان ازکارافتادگی، درصد حوادث آسیب‌رسان بـه کارکنـان و میـانگین زمان بین دو توقف) سیستم نگهداری و تعمیرات منطقهٔ ده انتقال گاز کشور دارد. رویکرد ارائه‌شـده در نگهـداری و تعمیرات، مؤلفه‌هایی دارد که تاکنون در سایر چارچوب‌ها و مدل‌های ارزیابی عملکرد به آنها اشاره نشده است. یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر این است که در تحلیل کیفی، نتایج به درک و شناخت پژوهشـگر وابسـتگی دارد؛ بنابراین، ممکن است برخی از مؤلفه‌های مفهوم شکست‌ناپذیری ناشناخته مانده باشد که ایـن موضـوع مـی‌توانـد در سایر نتایج تا حدودی مؤثر باشد. همچنین وابسته‌بودن نتایج به ارزیابی عملکرد نت منطقـهٔ ده عملیـات انتقـال گـاز کشور در تعمیم نتایج نهایی مؤثر است و توجه به جوانب بیشتر را در سایر مطالعات ضروری مـی‌کنـد؛ بـه عبـارت دیگر، با توجه به شرایط و ویژگی‌های منحصربه‌فرد منطقهٔ ده عملیـات انتقـال گـاز کشـور، لزومـاً نمـی‌تـوان نتـایج به‌دست‌آمدهٔ پژوهش حاضر را به سایر مطالعات تعمیم داد. ازجمله پیشنهادهای کـاربردی بـرای منطقـهٔ ده عملیـات انتقال گاز کشور این است که براساس شاخص باربل استراتژی از رویکرد شکست‌ناپذیری برای برنامه‌های تعمیراتی سالیانه، که در سامانهٔ CMMS منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور تعریف می‌شود، ماژول‌های نگهـداری و تعمیـرات بلندمدت و کوتاه‌مدت ساخته شود. همچنین، سیستم ثبت انومالی بـرای واحـدهای عملیـاتی نگهـداری و تعمیـرات ضروری است. پیشنهاد می‌شود سامانه‌های نظام مشارکت و انومالی موجود یکپارچه شـود تـا شناسـایی و مـدیریت قوهای سیاه در منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور ساده‌تر انجام شود. علاوه بر این، با توجه بـه نقـش هورمـونیزگی در شکست‌ناپذیرشدن فعالیت‌های نت پیشنهاد می‌شود مانورهای تعمیراتی غیربرنامه‌ریزی‌شده در دستور کـار منطقـهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور قرار گیرد تا آمادگی تعمیراتی منطقه با اینگونه استرس‌های مدیریت‌شده افـزون شـود و بهبود یابد. پیشنهاد می‌شـود در طراحـی خطـوط و تأسیسـات تقویـت فشـار، موضـوع افزونگـی فراتـر از بهینگـی کوتاه‌مدت مد نظر قرار گیرد تا منافع بلندمدت منطقه از منافع اندک کوتـاه‌مـدت اثـر نپـذیرد. پیشـنهاد مـی‌شـود در پژوهش‌های آینده، مؤلفه‌های شکست‌ناپذیری با استفاده از پویایی‌شناسی سیسـتم[۲۹] برسـی و تحلیـل شـود؛ زیـرا در محیط پویا می‌توان وابستگی نتایج را به درک و شناخت پژوهشگر به حداقل رساند و امکان مطالعه و تحلیـل تقریبـاً همهٔ مؤلفه‌های مرتبط با مفهوم شکست‌ناپذیری را فراهم آورد. پیشنهاد می‌شود با استفاده از رویکـرد تلفیقـی QFD-FMEA و پویایی‌شناسی سیستم‌ها، که شاکر و همکاران (۲۰۱۹) ارائه کردند، حالات، آثار و علل خرابـی در سیسـتم نت منطقهٔ ده عملیات انتقال گاز کشور شناسایی و همبستگی‌ها و روابط علّی بین آنها کشف، تحلیل و بررسی شود.

References

Abid, A., Khemakhem, M.T., Marzouk, S., Jemaa, M.B., Monteil, T., and Drira, K. (2014). "Toward antifragile cloud computing infrastructures". *Procedia Computer Science*, 32: 850-855.

Abran, A., and Buglione, L. (2003). "A multidimensional performance model for consolidating Balanced Scorecards". *Advances in Engineering Software*, 34: 339- 349.

Akhavan Kharazian, M., Shahbazi, M.M., and Fatehi, M. (2017). "Performance Evaluation of Knowledge Workers at R and amp; D department in Outsourcing Conditions". *Journal of Production and Operations Management*, 8(1): 139-156. doi:10.22108/jpom.2017.21550. (in persian).

Alavi, S., Arab Shirani, B., and Esfandiari, E. (2014). "Investigation about the relationship between organizational learning and innovation from system dynamic view in Isfahan engineering research center". *Prodcyion and operations management*. 5(1): 71-92. (in Persian)

Babovic, F., Babovic, V., and Mijic, A. (2018). "Antifragility and the development of urban water infrastructure". *International Journal of Water Resources Development*, 34(4): 499-509.

Benato, R., and Napolitano, D. (2008). "Reliability assessment of EHV gas-insulated transmission lines: Effect of redundancies". *IEEE transactions on power delivery*, 23(4): 2174-2181.

Bendell, T. (2016). *Building anti-fragile organisations: Risk, opportunity and governance in a turbulent world*: Routledge: London.

Bititci, U. (1994). "Measuring your way to profit". *Management Decision*, 32(6): 16-24.

Blečić, I., and Cecchini, A. (2017). "On the antifragility of cities and of their buildings". *City, Territory and Architecture*, 4(1): 3.

Brown, M. (1996). *Keeping score: using the right metrics to drive world class performance*. New York: Quality Resources.

Braun, V., and Clarke, V. (2006). "Using thematic analysis in psychology". *Qualitative research in psychology*, 3(2): 77-101.

Bruijn, D., Größler, H., and Videira, N. (2019). "Antifragility as a design criterion for modelling dynamic systems". *Systems Research and Behavioral Science*, 37(1): 23–37. doi:10.1002/sres. 2574.

Chandler, A.D. (1977). *The Visible Hand: the Managerial Revolution in American Business*, Cambridge MA. Belknap Press of Harvard University Press.

Chen, Z.H. (2001). "Indexes of Competitive Power and Core Competence in Selecting Asia-Pacific". *J. Chin. Inst. Transp*, 13: 1–25.

Clancy, T.R. (2015). "Complexity, flow, and antifragile healthcare systems: Implications for nurse executives". *JONA: The Journal of Nursing Administration*, 45(4): 188-191.

Clarke, V., and Braun, V. (2013). "Teaching thematic analysis: Overcoming challenges and developing strategies for effective learning". *The psychologist*, 26(2): 120-123.

De Florio, V. (2014). "Antifragility= elasticity+ resilience+ machine learning models and algorithms for open system fidelity". *Procedia Computer Science*, 32: 834-841.

Derbyshire, J., and Wright, G. (2014). "Preparing for the future: Development of an antifragile methodology that complements scenario planning by omitting causation". *Technological Forecasting and Social Change*, 82: 215–225.

Derevianko, O. (2017). "Study Of Stability And Antifragility Of Reputation In View Of Multi-vector Character Of Reputation Management Of Enterprises". *EUREKA: Social and Humanities*, 5: 48-56.

Devendorf, E., Zeliff, K., and Jabbour, K. (2016). *Characterization of antifragility in cyber systems using a susceptibility metric*. Paper presented at the International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Volume 1B: 36th Computers and Information in Engineering Conference. Charlotte, North Carolina, USA. August 21–24.

Dixon, J.R., Nanni, A.J., and Vollmann, T.E. (1990). *The Performance Challenge: Measuring Operations for World-Class Competition*. Homewood, IL: Dow Jones-Irwin.

Eckert, J. (2017). "The Agile Artifact–an Antifragile Approach to Design and Innovation". *Universal Journal of Management*, 5(5): 236-242.

Edvinsson, L., and Malone, T. (1997). *Intellectual Capital: Realising Your Company's Time Value by Finding its Hidden Brainpower*. New York: Harper Collins:

Fitzgerald, L., Johnson, R., Brignall, S., Silvestro, R. and Voss, C. (1991). *Performance Measurement in Service Businesses*. London: CIMA.

Ghalayini, A., Noble, J., and Crowe, T. (1997). "An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness", *International Journal of Production*

Economics, 48: 207-225.

Ghasemi, A., and Alizadeh, M. (2017). "Evaluating organizational antifragility via fuzzy logic. The case of an Iranian company producing banknotes and security paper". *Operations Research and Decisions*, 27(2): 21-43. (in Persian)

Ghasemi, A., Khoshsepehr, Z., and Fakhrpour, S.H. (2016). *Provide a framework for measuring and evaluating military invincibility of systems*. Paper presented at the Accounting and management international conference. Tehran. Iran. (in Persian)

Gilbert, G.E., and Prion, S. (2016). "Making sense of methods and measurement: Lawshe's Content Validity Index". *Clinical Simulation in Nursing*, 12(12): 530-531.

Gorjipour, H., Khashei, V., Eslambolchi, A., and Asghari Sarem, A. (2019). "Developing the Evaluative Model for Cultural Policy Making Process based on Qualitative Study of Cultural Documents of Islamic Republic of Iran". *Journal of Public Administration*, 11(1): 47-72. (in Persian)

Green, P.E. (2014). *Mathematical tools for applied multivariate analysis*. Academic Press: Cambridge, United States.

Hill, Y., Kiefer, A.W., Silva, P.L., Van Yperen, N.W., Meijer, R.R., Fischer, N., and Den Hartigh, R.J.R. (2020). "Antifragility in Climbing: Determining Optimal Stress Loads for Athletic Performance Training". *Frontiers in Psychology*, 11: 272. doi:10.3389/fpsyg.2020.00272.

Hole, J.K. (2016). *Anti-fragile ICT systems*. Switzerland: Springer.

Holloway, I., and Todres, L. (2003). "The status of method: flexibility, consistency and coherence". *Qualitative research*, 3(3): 345-357.

Ilangkumaran, M., and Kumanan, S. (2012). "Application of hybrid VIKOR model in selection of maintenance strategy". *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management (IJISSCM)*, 5(2): 81-59.

Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., and Mieno, H. (1993). "The max–min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration". *Fuzzy Sets and Systems*, 55: 241–253.

Jamali, G., and Karimi Asl, E. (2018). "Evaluation of LARG Supply Chain Competitive Strategies based on Gap Analysis in Cement Industries". *Journal of Production and Operations Management*, 9(1): 29-54. doi:10.22108/jpom.2018.92479.0. (in persian)

Johnson, J., and Gheorghe, A.V. (2013). "Antifragility analysis and measurement framework for systems of systems". *International Journal of Disaster Risk Science*, 4(4): 159-168.

Kamali, Y. (2018). "Methodology of Thematic Analysis and its Application in Public Policy Studies". *Public Policy*, 4(2): 189-208. (in Persian)

Kanji, G.K. (1998). "Measurement of Business Excellence". T*otal Quality Management*, 9: 633-643.

Kaplan, R.S., and Norton, D.P. (1992). "The balanced scorecard: measures that drive performance". *Harvard Business Review*, 70(1): 71-79.

Kaplan, R.S., and Norton, D.P. (2000). "Having trouble with your strategy? Then map it". *Harvard business review*, 78(5): 167-76.

Kefalidou, G., Golightly, D., and Sharples, S. (2018). "Identifying rail asset maintenance processes: A human-centric and sensemaking approach". *Cognition, Technology and Work*, 20(1): 73-92.

Kennon, D., Schutte, C.S., and Lutters, E. (2015). "An alternative view to assessing antifragility in an organisation: A case study in a manufacturing SME". *CIRP annals*, 64(1): 177-180.

Khoshsepehr, Z., Fakhrpour, S.H., and Maleki, M.H. (2017). "Promoting Supply Chain Productivity With The Use Of The Invincibility Theory". *Productivity Management*, 11(41): 31-56. (in Persian)

Keegan, D., Eiler, R., and Jones, C. (1989). "Are your performance measures obsolete?" *Management Accounting*, 45-50.

Kim, H., Pineda, O.K., and Gershenson, C. (2019). "A Multilayer Structure Facilitates the Production of Antifragile Systems in Boolean Network Models". *Complexity,* 2019(1): 1-11.

Komonen, K. (2002). "A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking". *International journal of production economics,* 79(1): 15-31.

Laitinen, E. (1996). *Framework for small business performance measurement*: towards intgrated PM systems. Finland: Vasa, University of Vaasa.

Lichtman, M., Vondal, M., Clancy, T., and Reed, J.H. (2018). "Antifragile Communications". *IEEE Systems Journal*, 12: 659-670.

Lima, M.A., Resende, M., and Hasenclever, L. (2004). "Skill enhancement efforts and firm performance in the Brazilian chemical industry: An exploratory canonical correlation analysis—research note". *International journal of production economics*, 87(2): 149-155.

Lynch, R.L., and Cross, K.F. (1991). *Measure Up- The essential Guide to Measuring Business Performance*. London: Mandarin.

Maestrini, V., Luzzini, D., Maccarrone, P., and Caniato, F. (2017). "Supply chain performance measurement systems: A systematic review and research agenda". *International journal of production economics*, 183: 299-315.

Maleki, M.H., Fakhrpour, S.H. and Khoshsepehr, Z. (2016). *Organization Antifragility: A Model To Realize The Resistive Economy*. Tehran: Athar Book. (in Persian)

Martinetti, A., Chatzimichailidou, M., Maida, L., and van Dongen, L.A.M. (2018). "Safety I-II, Resilience and Antifragility Engineering: A debate explained through an accident occurred on a Mobile Elevating Work Platform". *International journal of occupational safety and ergonomics,* 25(1): 66-75.

Martinetti, A., Chatzimichailidou, M.M., Maida, L., and van Dongen, L. (2019). "Safety I–II, resilience and antifragility engineering: A debate explained through an accident occurring on a mobile elevating work platform". *International journal of occupational safety and ergonomics*, 25(1): 66-75.

McCunn, P. (1998). "The balanced scorecard: the eleventh commandment". *Management Accounting*, 34-37(11): 34–36.

Medori, D., and Steeple, D. (2000). "A framework for auditing and enhancing performance measurement systems". *International Journal of Operation and Production Management*, 20(5): 520-533.

Micheli, P., and Mura, M. (2017). "Executing strategy through comprehensive performance measurement systems". *International Journal of Operations and Production Management*. 37(4): 423-443.

Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Amesterdam: Elsevier.

Moudi, M., Xu, Z., Yao, L., and Yuan, H. (2020). "Dynamic Optimization Model for Improving Urban Water Supply System Fragility with Uncertain Streamflow". *Water Resources Management*, 34: 1465-1477.

Neely, A., Gregory, M., and Platts, K. (1995). "Performance measurement system design: a literature review and research agenda". *International Journal of Operations and Production Management*, 15(4): 80-117.

Neely, A., Richards, H., Mills, J., Platts, K., and Bourne, M. (1997). "Designing performance measures: a structured approach". *International Journal of Operation and Production Management*, 17(11): 1131-1152.

Neely, A.D., Adams, C., and Kennerley, M. (2002). *The performance prism: The scorecard for measuring and managing business success*. London: Prentice Hall Financial Times.

Noorderhaben, N. (1995). *Strategic decision making.* UK: Addison-Wesley.

Oliver, L., and Palmer, E. (1998). *An integrated model for infrastructural implementation of*

performance measurement-Theory and Practice. Conference Proceedings, Cambridge University, Cambridge. 2: 695-702.

Omeni, A. (2021). "Fragility, Antifragility and War in Nigeria: Contemporary Security Implications of Nigeria's Civil War (1967 – 1970) for the Nigerian Army", *Civil Wars*, 11(1): 4-12. doi: 10.1080/13698249.2021.1860579.

Osterle, H. (2020). *Life with Machine Intelligence Life Engineering*. Switzerland: Springer.

Parida, A., and Kumar, U. (2006). "Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges". *Journal of Quality in maintenance Engineering*. 12(3): 239-251.

Parida, A., and Chattopadhyay, G. (2007). "Development of a multi criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM)". *Journal of Quality in maintenance Engineering*. 13(3): 241-258.

Rafi, U. (2015). *Antifragility of Islamic Finance*: 26th Annual Islamic Banking ConferenceAt: Tehran, Iran. (in Persian)

Ramezani, J., and Camarinha-Matos, L.M. (2020). "Approaches for resilience and antifragility in collaborative business ecosystems". *Technological Forecasting and Social Change*, 151: 119846. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119846.

Reed, W.J., and Jorgensen, M. (2004). "The double Pareto-lognormal distribution—a new parametric model for size distributions". *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 33(8): 1733-1753.

Russo, D., and Ciancarini, P. (2017). "Towards antifragile software architectures". *Procedia Computer Science*, 109: 929-934. https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.426.

Schmidt, H. (2019). "Anatomy of an incident: A hydrogen gas leak showcases the need for antifragile safety systems". *Journal of Chemical Health and Safety*, 26(6): 36-39.

Schneiderman, A.M. (1999). "Why Balanced Scorecards Fail". *Journal of strategic performance measurement*, 2(11): 6-11.

Shaker, F., Shahin, A., and Jahanyan, S. (2019). "Developing a two-phase QFD for improving FMEA: an integrative approach". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 36(8): 1454-1474. https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2018-0195.

Sink, S., and Tuttle, T. (1989). *Planning and Measurement in your Organization of the Future*, Norcross, GA. United States: Industrial Engineering and Management Press.

Simões, J.M., Gomes, C.F., and Yasin, M.M. (2011). "A literature review of maintenance performance measurement". *Journal of Quality in maintenance Engineering*, 17(2): 116-137.

Skousen, K., Albrecht, J., Stice, E. and Swain, M. (2001). *Management Accounting*, Cincinnati, OH, United States: South-Western College Pub.

Succi, S. (2020). "Relativistic anti-fragility". *The European Physical Journal Plus*, 135(2): 230.

Sveiby, K.E. (1997). *The New Organizational Wealth: Managing and Measuring Knowledge-based Assets*. San Francisco: Berrett-Koelher.

Taleb, N.N. (2012). *Antifragile: Things That Gain from Disorder*. New York: Random House:

Taleb, N.N. (2015). *Black Swan:The Impact of the Highly Improbable*. Translator: Mahjoob, M.A., Tehran: Ariana Ghalam. (in Persian)

Tan, C.M., and Raghavan, N. (2007). "Root cause analysis based maintenance policy". *International Journal of Quality and Reliability Management*, 24(2): 203-228.

Uurtio, V., Monteiro, J.M., Kandola, J., Shawe-Taylor, J., Fernandez-Reyes, D., and Rousu, J. (2018). "A Tutorial on Canonical Correlation Methods". *ACM Computing Surveys*, 50(6): 1–33. doi:10.1145/3136624.

Verhulst, E., Sputh, B., and Van Schaik, P. (2015). "Antifragility: systems engineering at its best". *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 1(2-4): 101-121.

Wireman, T. (1990). *World class maintenance management*. 1st ed edition. United States: Industrial Press, Inc.

Wongrassamee, S., Gardiner, P.D., and Simmons, J.E.L. (2003). "Performance measurement tools: the Balanced Scorecard and the EFQM Excellence Model". *Measuring Business Performance*, 7: 14-29.

Zitzmann, I. (2014). *How to Cope with Uncertainty in Supply Chains?–Conceptual Framework for Agility, Robustness, Resilience, Continuity and Anti-Fragility in Supply Chains*. In: Kersten, Wolfgang Blecker, Thorsten Ringle, Christian M. (Ed.): Next Generation Supply Chains: Trends and Opportunities. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), 18, ISBN 978-3-7375-0339-6, epubli GmbH, Berlin, 361-377

[1]- Antifragility
[2]- Maxqda 2020
[3]- Panarchy
[4]- Heuristic
[5]- Hormesis
[6]- Barbell Strategy
[7]- Redundancy
[8]. Very Rare
[9]. Improbable
[10]. Fragile
[11]. Robust
[12]. Resiliency
[13]. Boolean Network
[14]. Pareto Principle
[15]. Delphi Method
[16]. Fuzzy Delphi Method (FDM)
[17]. Selective Codes
[18]. Emergence
[19]. Guba and Lincoln
[20]. Holsti
[21]. Hotelling
[22]. Content Validity Ratio
[23]. Lawshe
[24]. Content Validity Index
[25]. Waltz and Bausell
[26]. European Foundation for Quality Management
[27]. Panarchy
[28]. Overdesign
[29]. System Dynamic (SD)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی