

## Developing a system dynamics model to study the relationship between human resource motivation and time productivity of construction projects

Morteza Gholizadeh<sup>1</sup>, Sina Fard Moradinia<sup>2\*</sup>

1- Ph.D. Candidate of Engineering and Construction Management, Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2- Assistant professor, Department of Civil Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

### ABSTRACT

Recent studies have clearly shown that motivation is directly related to the increase in productivity of human resources. Therefore, paying attention to the motivational factors of employees and their different needs is considered one of the most important factors affecting the productivity and performance improvement of projects. In the few researches conducted on human resources productivity, have been less considered the motivation as a key variable and the effect of various factors on the change of motivation and its effect on the time productivity of construction projects. Therefore, the present paper aimed to investigate the effect of motivation change and the factors affecting it on the time efficiency of construction projects with the approach of system dynamics. To this aim, after identifying the effective parameters on the motivation of human resources from library sources and collecting data using survey studies with questionnaires and interviews qualitative modeling and cause and effect loops between the parameters were performed in VENSIM software. Also, with quantitative modeling, relationships between parameters were determined. Then, the model was implemented in a real project (office-commercial building), by defining different scenarios based on changing parameters affecting the motivation of manpower and the time efficiency of projects. The results showed that with a 50% increase in the motivation of human resources in the project, the correct rate of doing the work increased up to three times and the project ends in 690 days, which means 30 days less than the appointed time; and 50% reduction in salaries caused an increase of about one year in the delay in completing of project, and 20% increase in salary payment delay lead to increasing the project completion time about 4 months, and by increasing the salary-to-work ratio up to two times; the project completion time will reduce about five months.

### ARTICLE INFO

**Receive Date:** 14 June 2022

**Revise Date:** 03 October 2022

**Accept Date:** 11 October 2022

### Keywords:

Motivation,  
Human resource,  
Time productivity,  
Construction projects,  
System Dynamics (SD).

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://doi.org/10.22065/jsce.2022.345977.2841>

\*Corresponding author: Sina Fard Moradinia  
Email address: Fardmoradinia@iaut.ac.ir

## توسعه مدل پویایی سیستم‌ها جهت بررسی ارتباط بین انگیزش منابع انسانی و بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساختمانی

مرتضی قلیزاده<sup>۱</sup>، سینا فرد مرادی نیا<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری رشته مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

### چکیده

مطالعات اخیر به وضوح نشان‌دهنده این حقیقت بوده‌اند که انگیزه با افزایش بهره‌وری نیروی انسانی ارتباط مستقیم دارد. از همین رو توجه به عوامل انگیزشی کارکنان و نیازهای مختلف آنها یکی از مهمترین عوامل موثر بر بهره‌وری و بهبود عملکرد پروژه‌ها به‌شمار می‌رود. در معهود تحقیقات انجام شده بر روی بهره‌وری نیروی کار، انگیزش منابع انسانی به‌عنوان یک متغیر کلیدی و تاثیر عوامل مختلف بر تغییر انگیزه و اثر آن بر بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساخت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از همین رو هدف مقاله حاضر بررسی اثر تغییر انگیزه و عوامل موثر بر آن بر بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساختمانی با رویکرد پویایی سیستم می‌باشد. بدین منظور پس از شناسایی پارامترهای موثر بر انگیزش منابع انسانی از منابع کتابخانه‌ای و جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از مطالعات پیمایشی با ابزار پرسشنامه و مصاحبه، اقدام به مدل‌سازی کیفی و حلقه‌های علت و معلولی بین پارامترها در نرم‌افزار Vensim گردید. همچنین با مدل‌سازی کمی، روابط بین پارامترها تعیین شد. در ادامه با تعریف سناریوهای مختلف مبتنی بر تغییر پارامترهای موثر بر انگیزش نیروی انسانی و بهره‌وری زمانی پروژه‌ها، اقدام به پیاده‌سازی مدل در یک پروژه واقعی (ساختمان اداری-تجاری) گردید. نتایج نشان داد با افزایش ۵۰٪ انگیزه نیروی انسانی در پروژه، نرخ صحیح انجام کار تا ۳ برابر نیز افزایش یافته و پروژه در زمان ۶۹۰ روز و ۳۰ روز کمتر از زمان تعیین شده به پایان می‌رسد. همچنین نتایج نشان داد که کاهش ۵۰٪ حقوق سبب افزایش تاخیر تا حدود یک سال در تکمیل پروژه و افزایش ۲۰٪ تاخیر در پرداخت حقوق منجر به افزایش تکمیل پروژه تا ۴ ماه و افزایش پارامتر نسبت حقوق به‌کار تا ۲ برابر سبب کاهش ۵ ماه از تکمیل پروژه خواهد شد.

کلمات کلیدی: انگیزه، نیروی انسانی، بهره‌وری زمانی، پروژه‌های ساختمانی، پویایی سیستم‌ها (SD)

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	<a href="https://doi.org/10.22065/jsce.2022.345977.2841">https://doi.org/10.22065/jsce.2022.345977.2841</a>	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
	10.22065/jsce.2022.345977.2841	۱۴۰۲/۰۴/۳۱	۱۴۰۱/۰۷/۱۹	۱۴۰۱/۰۷/۱۹	۱۴۰۱/۰۷/۱۱	۱۴۰۱/۰۳/۲۴
سینا فرد مرادی نیا fardmoradnia@iaut.ac.ir					*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی:	

## ۱- مقدمه

سرمایه‌های انسانی مهم‌ترین عامل تولید در یک سازمان به شمار می‌روند و مهم‌ترین عامل شکست سازمان‌ها نداشتن مهارت‌های لازم در زمینه روابط انسانی است. توسعه منابع انسانی و ارتقاء کیفیت آن، نمایانگر رشد و تکامل چرخه مدیریت منابع انسانی در زمینه مدیریت شغلی و عملکرد افراد می‌باشد. این رویکرد تضمین می‌کند افراد شاغل در پروژه‌ها قادرند خلأهای شغلی را پر کرده و سازمان را به سمت اهداف خود به درستی پیش ببرند. امروزه اثبات شده است که انگیزه نیروی انسانی به عنوان یکی از عوامل اصلی از نقش بسزایی در افزایش بهره‌وری صنعت ساخت و ساز برخوردار است [۱-۵]. بنا به تعریف انگیزه دلیلی است که تلاش فرد را برای دستیابی به یک هدف مشخص متمرکز می‌نماید. ایجاد انگیزه در یک فرد در محیط سازمان به پارامترهای مختلفی همچون امنیت کاری، حقوق، ارتقاء جایگاه، نظارت و روابط مناسب با مافوق و مواردی از این قبیل وابسته است که همگی این عوامل می‌توانند بر نگرش‌ها و رفتارهای نیروی انسانی در یک پروژه تأثیرگذار باشند و سطح اشتیاق، تعهد، مشارکت، تمرکز فرد در انجام کار سازمانی را افزایش دهند [۶]. از مفاهیم فوق می‌توان دریافت که انگیزه عاملی است که دلایلی برای عمل ایجاد می‌کند، افراد را به کار فعال، کارآمد، باکیفیت و سازگاری با محیط سازمان برمی‌انگیزاند و به نیروی انسانی کمک می‌کند تا خلاق‌ترین کار را به بهترین نحو ممکن به انجام برسانند [۴].

تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه انگیزش منابع انسانی و بهره‌وری انجام شده است که از آن جمله می‌توان به تحقیق پارکر و همکاران<sup>۱</sup> [۷] در خصوص بررسی تاثیر انگیزه بر کارکنان و افزایش بهره‌وری آنها اشاره نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که کارکنان مستقل دارای بالاترین سطح انرژی و بهره‌وری در انجام کار می‌باشند. همچنین وندرهاوارت و همکاران<sup>۲</sup> [۸] به ارزیابی رابطه ایجاد انگیزه در نیروی انسانی و عملکرد مدیران پرداخته و دریافتند که ایجاد انگیزه در کارکنان با ارضای سه شاخصه اساسی شامل شایستگی، ارتباط و استقلال در آنها، موجب بهبود عملکرد مدیریتی در انجام کار توسط کارکنان می‌گردد. مطالعات سایلر و همکاران<sup>۳</sup> [۹] در رابطه با فاکتورهای انگیزشی مدیران پروژه در کشور سوئیس نشان داد که افزایش انگیزه در نیروی انسانی دغدغه بزرگ هر سازمانی است و در این بین تعامل بین فردی و شرایط عمومی کار و رشد شخصی و مزایا و خدمات، مهم‌ترین پارامترهای انگیزه در نزد کارکنان به شمار می‌روند. نصیرزاده و نوجه‌دهی [۱۰] با استفاده از رویکرد مبتنی بر پویایی سیستم‌ها<sup>۴</sup> (SD) به مدل‌سازی بهره‌وری نیروی کار پرداخته و ساختار پیچیده مرتبط با عوامل مختلف مؤثر بر بهره‌وری نیروی کار را تعیین نموده‌اند. این محققین اثر بهره‌وری نیروی کار را بر معیارهای مختلف عملکرد پروژه از نظر زمان و هزینه ارزیابی کرده‌اند. نتایج تحقیق آنها نشان داد در صورتی که بهره‌وری نیروی کار تا ۹۰ درصد کاهش یابد، زمان پروژه ۱۰ برابر افزایش خواهد یافت. راودلیونینه و میدوته-کوالیاوسکینه<sup>۵</sup> [۱۱] با استفاده از رویکرد پویایی سیستم، اثرات مثبت و منفی ناشی از انگیزه زدایی منابع انسانی را از نظر بهره‌وری و کیفیت عملکرد در سازمان‌های بخش دولتی بررسی نموده‌اند. نتایج مطالعات آنها بیانگر اهمیت بسزای پیوندهای بین انگیزه، حمایت مدیران و رضایت کارکنان بر بهره‌وری منابع انسانی بوده است. ادی<sup>۶</sup> [۱۲] در تحقیق خود با استفاده از مدل پویایی سیستم به بررسی انگیزه در تیم کاری پرداخته و به این نتیجه رسید که عوامل اجتماعی و عوامل مرتبط با وظیفه به‌طور قابل توجهی بر عملکرد تیم و افزایش انگیزه نیروی انسانی در یک پروژه تأثیرگذار می‌باشند. بلترن<sup>۷</sup> و همکاران [۱۳] با ارزیابی تغییر توانایی و انگیزه در نیروی انسانی و با بررسی اثر ایجاد مهارت و فرصت در کارکنان، به این نتیجه دست یافتند که با افزایش مهارت نیروی انسانی، انگیزه و توانایی کارکنان افزایش می‌یابد. پاک<sup>۸</sup> و همکاران [۱۴] با بررسی مروری سیستماتیک در خصوص مدیریت منابع انسانی و توانایی، انگیزه و فرصت برای ادامه کار، اقدام به شناسایی عوامل مؤثر بر تسهیل افزایش عمر کاری نموده‌اند. این محققین دریافتند که ارائه منابع شغلی بر توانایی، انگیزه و فرصت ادامه کار تأثیر مثبت دارد. همچنین مطالعات آنها نشان داد که توانایی کاری بیشترین ارتباط منفی

<sup>1</sup> Parker et al.

<sup>2</sup> Van der Hauwaert et al.

<sup>3</sup> Seiler et al.

<sup>4</sup> Dynamic System

<sup>5</sup> Raudeliūnienė and Meidutė-Kavaliauskienė

<sup>6</sup> Eddy

<sup>7</sup> Beltrán

<sup>8</sup> Pak

را با تقاضاهای شغلی دارد. رامیرز گارسیا<sup>۹</sup> و همکاران [۱۵] با بررسی تئوری‌های مختلف، نقش انگیزه کاری را بر مبنای ارزش‌ها جهت حفظ کارکنان سازمان‌ها در قرن بیست و یکم را بررسی نموده و دریافته‌اند که ارضاء نیازهای اجتماعی کارکنان به‌عنوان یک عامل مشترک در تمامی نظریه‌ها قابل شناسایی است. عباس‌پور و دبیریان [۱۶] با بررسی توسعه منابع انسانی در پروژه‌های ساخت با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم به این نتیجه رسیدند که با استفاده از این مدل می‌توان اثرات به‌کارگیری سیاست‌های توسعه نیروی انسانی بر عملکرد پروژه را از لحاظ زمان بررسی نمود و بدین طریق برنامه‌ریزی لازم را در جهت توسعه منابع انسانی پروژه‌های ساخت، ارتقاء بهره‌وری نیروی انسانی و بهبود عملکرد پروژه به انجام رساند. کاردن و همکاران<sup>۱۰</sup> [۱۷] با بررسی مدیریت منابع انسانی و نقش آن در فرآیند بهبود پروژه‌ها، راهکارهایی را برای اصلاح مدیریت منابع انسانی مانند تمرکز بر ابعاد مختلف منابع انسانی و ایجاد انگیزه ارائه نموده‌اند. خایری<sup>۱۱</sup> [۱۸] با بررسی عوامل انگیزشی مدیریت منابع انسانی در بخش‌های دولتی و خصوصی، فاکتورهای تامین اجتماعی، بیمه، شرایط کاری مناسب، محل کار مجهز، امکان بهبود مستمر را به‌عنوان کلیدی‌ترین عوامل شناسایی نموده است. دبیریان [۱۹] اقدام به پیش‌بینی اثر انگیزش نیروی انسانی بر عملکرد پروژه‌های ساخت با استفاده از رویکرد پویایی نموده است. در این تحقیق اثر سه عامل اصلی شامل مشوق مالی، میزان دستمزد و دوباره‌کاری بر انگیزش نیروی انسانی تحلیل شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزایش مشوق مالی و میزان دستمزد و کاهش دوباره‌کاری سبب افزایش انگیزه می‌گردد. همچنین مشخص شد که با دو برابر کردن میزان انگیزش نیروی کار، زمان پروژه تا حدود نصف و هزینه پروژه کاهش می‌یابد. همانگونه که اشاره شد تاکنون تحقیقات محدودی در خصوص بهره‌وری پروژه‌های ساختمانی با روش پویایی سیستم و تاثیر انگیزش منابع انسانی به‌عنوان یک متغیر کلیدی بر آن انجام شده است که در جدول ۱ به‌صورت خلاصه به خلاءهای موجود در این تحقیقات و نوآوری‌های تحقیق حاضر پرداخته شده است.

جدول ۱: مرور مختصری بر تحقیقات گذشته و یافته‌های آنها در مقایسه با نوآوری‌های پژوهش حاضر

پژوهشگران [مرجع]	هدف پژوهش	یافته‌های پژوهش
سایرل و همکاران [۹]	بررسی فاکتورهای انگیزشی مدیران پروژه در کشور سوئیس	تعامل بین فردی و شرایط عمومی کار و رشد شخصی و مزایا و خدمات، مهمترین پارامترهای انگیزه در نزد نیروی انسانی یک سازمان محسوب می‌شوند.
نصیرزاده و نوجه‌دهی [۱۰]	مدل‌سازی بهره‌وری نیروی کار با استفاده از رویکرد مبتنی بر پویایی سیستم‌ها	تعیین اثربخشی پارامترهای مختلف بهره‌وری نیروی کار همچون (۱) نبود فضای کار، (۲) مهارت نیروی انسانی، (۳) شرایط آب و هوایی و (۴) کارآیی مدیریت پروژه بر زمان و هزینه پروژه‌های ساختمانی
راودلیویننه و میدوته- کاوالیاسکینه [۱۱]	اثرات مثبت و منفی ناشی از انگیزه زدایی منابع انسانی را از نظر بهره‌وری و کیفیت عملکرد در سازمان‌های بخش دولتی	مدلسازی پویا بیانگر اهمیت بالای پیوندهای بین انگیزه، حمایت مدیران و رضایت کارکنان بر بهره‌وری منابع انسانی است.
ادی [۱۲]	بررسی انگیزه در تیم کاری با استفاده از مدل پویایی سیستم‌ها	تعیین اثرگذاری عوامل اجتماعی و عوامل مرتبط با وظیفه بر عملکرد تیم و افزایش انگیزه نیروی انسانی در یک پروژه ساختمانی
بلترن و همکاران [۱۳]	ارزیابی تغییر توانایی و انگیزه در نیروی انسانی و با بررسی اثر ایجاد مهارت و فرصت در کارکنان	با افزایش مهارت نیروی انسانی، انگیزه و توانایی کارکنان افزایش می‌یابد.
پاک و همکاران [۱۴]	بررسی مروری سیستماتیک مدیریت منابع انسانی و توانایی، انگیزه و فرصت ادامه کار	ارائه منابع شغلی بر توانایی، انگیزه و فرصت ادامه کار تأثیر مثبت دارد. همچنین توانایی کاری بیشترین ارتباط منفی را با تقاضاهای شغلی دارد.
رامیرز گارسیا و همکاران [۱۵]	بررسی نقش انگیزه کاری بر مبنای ارزش‌ها جهت حفظ کارکنان سازمان‌ها	ارضاء نیازهای اجتماعی کارکنان به‌عنوان یک عامل مشترک در تمامی نظریه‌های انگیزش نیروی انسانی قابل شناسایی است.
عباس‌پور و دبیریان [۱۶]	توسعه منابع انسانی در پروژه‌های ساخت با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها	بررسی اثرات به‌کارگیری سیاست‌های توسعه نیروی انسانی بر عملکرد پروژه را از لحاظ زمان و پیشنهاد اجرای برنامه‌ریزی‌های لازم جهت ارتقاء بهره‌وری نیروی انسانی و بهبود عملکرد پروژه
کاردن و همکاران [۱۷]	تقویت مدیریت منابع انسانی در پروژه‌های بهبود فرآیند	ارائه راهکارهای مدیریت منابع انسانی در مراحل اولیه پروژه با هدف کمک به سازمان‌ها برای افزایش نرخ موفقیت پروژه

<sup>9</sup> Ramírez García

<sup>10</sup> Carden et al.

<sup>11</sup> Khairi

دبیران [۱۹]	بررسی انگیزش نیروی انسانی بر عملکرد پروژه‌های ساخت با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها	پیش‌بینی اثر سه عامل اصلی شامل (۱) مشوق مالی، (۲) میزان دستمزد و (۳) دوباره کاری بر انگیزش نیروی انسانی و تاثیر آن بر زمان و هزینه پروژه‌های ساختمانی
وندرهاوارت و همکاران [۸]	ارزیابی رابطه ایجاد انگیزه در نیروی انسانی و عملکرد مدیران	ایجاد انگیزه در کارکنان با ارضای سه شاخص اصلی شامل شایستگی، ارتباط و استقلال در آنها، موجب بهبود عملکرد مدیریتی در انجام کار توسط کارکنان می‌گردد.
برتلن و همکاران [۱۳]	بررسی نقش مهارت، انگیزه مشارکت در رابطه با منابع انسانی و عملکرد کارکنان	ارائه یک مدل یکپارچه بین توانایی و انگیزه نیروی انسانی و عملکرد آنها و نتیجه گیری افزایش انگیزه و توانایی کارکنان با افزایش مهارت و فرصت در آنها
تحقیق حاضر، ۱۴۰۱	توسعه مدل پویایی سیستم‌ها جهت بررسی ارتباط بین انگیزش منابع انسانی و بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساختمانی	هدف مطالعه حاضر، بررسی تاثیر عوامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی بر بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساختمانی است. بر این اساس با تعریف سناریوهای مختلفی درخصوص اثر تغییرات پارامترهای مختلف موثر بر انگیزش نیروی کار همچون (۱) تغییر ضریب حقوق، (۲) تغییر پارامتر انگیزه، (۳) تغییر پارامتر نسبت حقوق به کار، (۴) تغییر پارامتر تاخیر در پرداخت حقوق توسط پیمانکار و (۵) نرخ صحیح انجام کار، تاثیر هر یک از این سناریوها بر زمان اتمام پروژه در مقایسه با زمان پیش‌بینی شده (بهره‌وری زمانی) برای یک پروژه ساختمانی موردی ارزیابی گردیده است. علاوه بر این در تحقیق حاضر، تاثیر تغییر پارامترهای موثر بر انگیزه نیرو کار را با در نظر گرفتن ۳ عامل اصلی اقتصادی، روانی و اجتماعی و همچنین ۲۲ عوامل فرعی بر بهره‌وری زمانی پروژه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

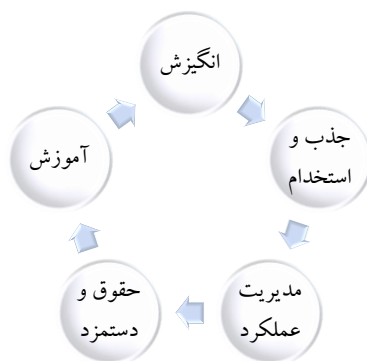
با توجه به آنچه در این مقدمه بیان شد، می‌توان دریافت که امروزه ایجاد انگیزه در بین اعضای تیم‌های کاری همواره به‌عنوان یکی از مهمترین چالش‌ها و دستاوردها برای مدیران به شمار می‌رود. چراکه این انگیزه سبب بالا رفتن بازده کاری کارکنان و آشکار شدن بیشتر تلاش و جدیت آنان در انجام امور محوله می‌شود. بر همین اساس در پژوهش حاضر تلاش شد تا با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها (SD) به بررسی تاثیر تغییر فاکتورهای موثر بر ایجاد انگیزه نیروی انسانی در پیشبرد اهداف پروژه‌های ساخت و ساز پرداخته شود. در راستای دستیابی به این هدف، ابتدا با مروری بر تحقیقات گذشته و استفاده از روش استنتاج و مصاحبه تخصصی با کارشناسان ساخت و ساز و پیمانکاران و مدیران پروژه، به جمع‌آوری مهمترین داده‌های مرتبط با عوامل ایجاد انگیزه در نیروی انسانی پروژه‌های ساختمانی و روابط بین آنها پرداخته شد. در گام بعد، پس از توسعه مدل کیفی پویایی سیستم و حلقه‌های علت و معلولی، به کمی‌سازی روابط برای تعیین اثر پارامترهای موثر بر فرآیند تحقیق پرداخته شد. در ادامه تلاش شد تا با انتخاب یک پروژه واقعی (ساختمان اداری-تجاری) به‌عنوان مطالعه موردی با زمان و حجم کار مشخص، اقدام به شبیه‌سازی داده‌ها و پیاده‌سازی مدل توسعه یافته در پروژه موردی گردید. در نهایت با تعیین سناریوهای مختلف و تغییر مهمترین عوامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی در هر یک از سناریوها، نتایج به‌صورت نمودارهای تحلیلی ارائه گردید و در سناریوهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. به‌طور خلاصه ساختار مقاله حاضر شامل بخش‌های زیر است: پس از بیان کلیات در بخش ۱، به معرفی تئوری و پیش‌زمینه (مدیریت نیروی انسانی) در بخش ۲ پرداخته شد. شرح مختصری از روش تحقیق در بخش ۳ ارائه شده است. بخش ۴ شامل بحث و بررسی یافته‌ها درخصوص جزئیات مدل پیشنهادی است. این بخش مدل‌سازی‌های کیفی و کمی سیستم پویایی پیشنهادی را شرح می‌دهد. بخش ۵ به استقرار مدل پیشنهادی و به‌کارگیری آن در محیط واقعی یک پروژه موردی اختصاص دارد و ضمن اعتبارسنجی مدل، به بحث درخصوص نتایج شبیه‌سازی می‌پردازد. در نهایت بخش ۶ ضمن شرح مختصری از نتایج حاصل از تحقیق، به ارائه پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی پرداخته است.

## ۲- تئوری و پیش‌زمینه (مدیریت نیروی انسانی)

برنامه‌ریزی منابع انسانی به‌عنوان روش مهمی که تمرکز دقیقی بر عملکرد پروژه دارد شناخته شده است و عموماً شامل تنظیم اهداف رسمی، تعیین استراتژی‌های مناسب و جستجو به منظور به‌کارگیری صحیح نیروی انسانی خلاق جهت دستیابی به اهداف پروژه است [۲]. هدف اولیه از برنامه‌ریزی منابع انسانی، انجام پیش‌بینی‌هایی راجع به کارکنان است که برای رفع نیازهای بلندمدت پروژه مورد احتیاج بوده و در این خصوص رسیدگی به انواع برنامه‌ریزی نظیر برنامه توسعه شغلی، آموزشی، اجرایی، جذب نیروی خارجی، برنامه‌ریزی‌های پی در پی و ارزیابی انگیزش کارکنان بسیار حائز اهمیت است [۵]. به عقیده کوپین میلز برنامه‌ریزی منابع انسانی عبارت است از یک فرآیند تصمیم‌گیری که سه فعالیت مهم شامل (۱) شناسایی و جذب تعداد مناسب کارکنان با مهارت‌های مناسب، (۲) انگیزش

آنها به کار کردن بهتر و (۳) خلق و ایجاد پیوندهای متقابل بین فعالیت‌های برنامه‌ریزی منابع انسانی را در راستای توسعه اهداف تجاری تلفیق می‌نماید [۲۶].

دلیل اصلی سرمایه‌گذاری در توسعه منابع انسانی و ارتقا کیفیت آن، این است که می‌توان با سرمایه‌گذاری مناسب بر روی نیروی انسانی موجود در یک سازمان به نحوی صحیح و اصولی به این اطمینان دست یافت که آنها به همکاری خود در راستای اهداف پروژه ادامه می‌دهند. در شکل ۱ چرخه مدیریت در نیروی انسانی پروژه و عوامل موثر بر آن نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در سیستم برنامه‌ریزی منابع انسانی، پنج عامل اصلی شامل انگیزش، آموزش، حقوق، مدیریت عملکرد و جذب به صورت یک سری پارامتر مرتبط با هم قادر به بهبود عملکرد نیروی انسانی در انجام کار می‌باشند [۲۱].



شکل ۱: سیستم‌های برنامه مدیریت منابع در تجزیه و تحلیل مشاغل [۱۳]

علیرغم اهمیت توسعه منابع انسانی در سازمان‌های پروژه محور، شواهد موجود بیانگر این مطلب است که این موضوع تاکنون به صورت جدی در صنعت ساخت و ساز مورد توجه قرار نگرفته است. برای مثال هانکوک و همکاران<sup>۱۲</sup> براساس مطالعات خود به این نکته پی برده‌اند که علیرغم درک عمومی مفاهیم توسعه منابع انسانی در شرکت‌های بزرگ ساخت و ساز، اما تنها نیمی از شرکت‌های مشغول به فعالیت در این صنعت این موضوع را عملاً تجربه کرده‌اند [۱۷]. همچنین کنوت<sup>۱۳</sup> توصیه‌هایی را به منظور افزایش انگیزه و وفاداری در بین کارکنان پروژه‌ها ارائه نموده است که از جمله این توصیه‌ها می‌توان به گسترش برنامه‌های آموزشی، سیستم‌های بازنگری مشاغل و سیستم‌های مدیریت عملکرد در توسعه منابع انسانی پروژه‌های صنعت ساخت اشاره نمود. بازخورد استفاده منسجم و هدفمند از چنین مکانیسم‌ها و توصیه‌هایی در پروژه‌های ساخت تضمین کننده این مطلب است که پروژه قادر به رفع مشکلات سلسله مراتبی خود می‌باشد [۳-۵]. با این دیدگاه مدیران پروژه‌ها، افرادی با توانایی‌ها و مهارت‌های مورد نیاز و در جهت خواسته‌های پروژه در اختیار دارند که قادرند خلأهای شغلی را پر کرده و صنعت ساخت و ساز را به سمت بهبود عملکرد سوق دهند. در راستای توسعه بهتر انگیزش منابع انسانی شاغل در پروژه‌های عمرانی می‌توان از برنامه‌های آموزشی در محل کار و خارج از محل کار و همچنین ایجاد انگیزه در کارکنان استفاده نمود. در این بین منظور از ارزیابی عملکرد فرایندی است که از طریق آن کار کارکنان در فواصلی معین و به‌طور رسمی مورد سنجش قرار می‌گیرد. بر این اساس، شناخت کارکنان با انگیزه و اعطای پاداش به آنها و ایجاد انگیزه‌های جانبی در بین آنان، برای بهبود عملکرد کارکنان موجود و سایر کارکنان بی‌انگیزه، از جمله علل اصلی ارزیابی عملکرد است [۱۱]. در گذشته، مدیران کلاسیک ارزیابی عملکرد را فقط به منظور کنترل کار کارکنان انجام می‌دادند؛ در حالی که امروزه جنبه راهنمایی و ارشادی این عمل، اهمیت بیشتری یافته است و هدف اصلی از ارزیابی عملکرد این است که اطلاعات ضروری درباره نیروهای شاغل در سازمان جمع‌آوری گردد و در دسترس مدیران قرار گیرد تا آنها بتوانند تصمیمات به جا و لازم را در جهت بالا بردن کمیت و کیفیت کار کارکنان اتخاذ نمایند. بنابراین، هدف نهایی از ارزیابی عملکرد، افزایش انگیزش، کارایی و اثربخشی کارکنان موجود در سازمان و نه توبیخ و تنبیه کارکنان ضعیف برشمرده شده است [۱۲ و ۲۲].

<sup>12</sup> Hancock et al.

<sup>13</sup> Knutt

مدیریت عملکرد نقش مهمی را در توسعه منابع انسانی ایفا می‌نماید، زیرا فرآیندی است که می‌تواند موجب رشد انگیزه کارکنان، پیشرفت و بهبود عملکرد سازمان شود. ارزیابی عملکرد کارکنان که معمولاً ناظر به گذشته است فرآیندی است که نقاط ضعف و قوت کارکنان را روشن نموده و در مقاطع مختلف زمانی امکان هدف‌گذاری مدیران را در جهت افزایش انگیزش کارکنان در راستای اهداف کلی سازمان میسر می‌سازد. مدیریت عملکرد نیز امکان تعامل، مشارکت و هدف‌گذاری مدیریت سازمان با کارکنان با انگیزه را فراهم ساخته و نتیجتاً بهبود عملکرد سازمان را به همراه دارد [۲۱-۲۳].

## ۲-۱- نقش انگیزش در عملکرد نیروی انسانی در پروژه‌های ساختمانی

از دیدگاه علم مدیریت و منابع انسانی، انگیزش، مهمترین زمینه و عامل انجام کار در سازمان‌هاست که منجر به افزایش پیشرفت کار در سازمان می‌شود. مطالعات متعدد اخیر به وضوح نشان دهنده این حقیقت بوده‌اند که داشتن انگیزه با افزایش بهره‌وری نیروی انسانی ارتباط مستقیم دارد [۲]. میزان عملکرد یک فرد تابعی از توانایی و انگیزش اوست. اولین عامل یعنی توانایی فرد تعیین می‌کند که او چه کاری را می‌تواند انجام دهد و دومین عامل یعنی انگیزش مشخص می‌کند که فرد تمایل دارد چه کاری را انجام دهد. انگیزه زمانی به وجود می‌آید که در کارکنان حس امنیت و رضایت شغلی، نقش موثر در سازمان، مشارکت، شادابی و نشاط وجود داشته باشد [۴]. از همین رو توجه به عوامل انگیزشی کارکنان و نیازهای مختلف آنها یکی از مهمترین عوامل موثر بر بهره‌وری نیروی انسانی و بهبود عملکرد پروژه‌های سازمانی به شمار می‌رود. یکی از شرایط مهم و اساسی برای رسیدن به هدف در هر کاری برانگیختن و ایجاد انگیزه در افرادی است که آن کار را انجام می‌دهند. ایجاد انگیزه و مدیریت آن در بین کارکنان یکی از مهمترین جنبه‌های مدیریت پروژه به‌ویژه در حوزه مدیریت منابع انسانی محسوب می‌شود. انگیزه یکی از مهمترین اجزای بدنه مدیریتی سازمان‌هاست. انگیزش فرایند روانشناختی است که هدف و جهت رفتار فرد را در حین انجام یک کار مشخص می‌کند. اگر رفتار، خروجی انسان با دو ریشه درونی و بیرونی در نظر گرفته شود، انگیزه ریشه درونی و هدف ریشه بیرونی آن است [۵ و ۶]. انگیزش یک فرایند سلسله مراتبی و زنجیره‌وار است که با احساس نیاز و کمبود و محرومیت شروع می‌شود، سپس فرد را برای رسیدن به آن خواسته برمی‌انگیزاند و موجب تلاش فرد برای رسیدن به هدفش می‌گردد. تاکنون تعاریف گوناگونی از انگیزش مطرح شده است که همگی این تعاریف دارای سه وجه اشتراک (۱) نیروبخشی به رفتار، (۲) جهت‌دهی و هدایت رفتار و (۳) تقویت و نگهداری رفتار می‌باشند [۲۰]. این سه جزء تشکیل‌دهنده اسکلت اصلی انگیزش در تمامی نظریه‌های علوم و روانشناختی نیروی انسانی در سازمان‌های پروژه محور محسوب شده و بارها در پژوهش‌های مختلف تکرار شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱-۸]. تحقیقات انجام شده قبلی در این حوزه به‌صورت استاتیک بوده و تغییرات عوامل موثر بر انگیزش در طول زمان بررسی نشده است. در محدود تحقیقات انجام شده بر روی بهره‌وری نیروی کار پروژه‌های ساخت با روش پویایی سیستم، انگیزش منابع انسانی به عنوان یک متغیر اصلی و کلیدی و میزان تاثیر عوامل مختلف بر تغییر انگیزه و در نتیجه اثر آن بر اهداف پروژه و تعاملات پیچیده موجود بین کلیه عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار ساخت و اندرکنش بین آنها مورد توجه قرار نگرفته است که در این تحقیق جهت رفع این مشکل روش پویایی سیستمی به کار گرفته شده است.

## ۲-۲- عوامل موثر بر ایجاد انگیزش نیروی انسانی بر عملکرد پروژه‌های ساختمانی

نیروی انسانی در هر سازمانی به‌عنوان منبع اصلی و یکی از مهمترین شاخص‌های برتری یک سازمان نسبت به سایر سازمان‌ها محسوب می‌شود. از اینرو عملکرد آن بیشترین تاثیر را در بازدهی کل سازمان به همراه دارد. از سوی دیگر مطابق با مطالب گفته شده در بخش‌های قبلی این موضوع به وضوح قابل اثبات است که انگیزش نیروی انسانی به عنوان یکی از کلیدی‌ترین عوامل موثر بر بهبود عملکرد و بهره‌وری پروژه‌های ساختمانی به شمار می‌رود. مروری بر ادبیات تحقیقات گذشته [۱-۴، ۶-۱۳، ۲۲ و ۲۳] گویای این حقیقت است که مهمترین عوامل موثر بر افزایش انگیزش نیروی انسانی به سه دسته عوامل اقتصادی، روانی و اجتماعی تقسیم می‌شوند. هر یک از این عوامل به نوبه خود شامل پارامترهای جزئی دیگری هستند که پس از مروری بر منابع کتابخانه‌ای به استخراج این عوامل پرداخته شد. با تقسیم‌بندی این عوامل به دو دسته عوامل اصلی و فرعی، در جدول ۱ به معرفی آنها پرداخته شده است. در مجموع در این پژوهش، عوامل

موثر بر ایجاد انگیزش نیروی انسانی مشغول به کار در پروژه‌های ساختمانی، با استفاده از رویکرد مرور ادبیات و مصاحبه تخصصی به صورت ۳ عامل اصلی و ۲۲ عامل فرعی جمع آوری شد که در جدول ۲ مشخص شده است.

جدول ۲: مهمترین عوامل موثر بر ایجاد و افزایش انگیزش نیروی انسانی در پروژه‌های ساختمانی

عوامل اصلی	عوامل فرعی	مراجع اشاره کننده به عوامل
اقتصادی	وضع مالی پیمانکار	Parker et al., 2021[7]; Guillén et al., 2015 [21]; Mawdesley and Al-Jibouri, 2009 [27]
	پرداخت حقوق	Seiler et al., 2012 [9]; Olotuah, 2006 [23]; Larsson et al., 2018 [24]
	افزایش حقوق	Guillén et al., 2015 [21]; Hewage, Ruwanpura, 2006 [1]
	تاخیر پرداخت حقوق	Parker et al., 2021 [7]; Olotuah, 2006 [23]; Nasirzadeh and Nojedehi, 2013 [10]
	تناسب حقوق با مقدار کار انجام شده	VanderHauwaert et al., 2021 [8]; Eddy-U, 2015 [11]; Nasirzadeh and Nojedehi, 2013 [10]
	پاداش کار	Schrader, 1972 [5]; Olotuah, 2006 [23]; Mawdesley and Al-Jibouri, 2009 [27]
	دوباره کاری	Olotuah, 2006 [23]; Jarkas and Radosavljevic, 2012 [25]
	ایمنی	Maloney et al., 1987 [2]; VanderHauwaert et al., 2021 [8]
	ترفیح	Hewage and Ruwanpura, 2006 [1], Olotuah, 2006 [23]
	بیمه	Parker et al., 2021 [7]; VanderHauwaert et al., 2021 [8]
روانی	آموزش	VanderHauwaert et al., 2021 [8]; Jarkas and Radosavljevic, 2012 [25]; Nasirzadeh and Nojedehi, 2013 [10]; Guillén et al., 2015 [21]; Olotuah, 2006 [23]
	ترفیح	Seiler et al., 2012 [9]; Guillén et al., 2015 [21]
	سرعت کار	Maloney et al., 1987 [2]; VanderHauwaert et al., 2021 [8]
	تاخیر پروژه	Schrader, 1972 [5]; Hewage and Ruwanpura, 2006 [1]
	امکان رشد کاری	Olotuah, 2006 [23]; Eddy-U, 2015 [11]; Mawdesley and Al-Jibouri, 2009 [27]
	توجه به نیازهای کارکنان	Seiler et al., 2012 [9]; VanderHauwaert et al., 2021 [8]
	احساس مسئولیت	Maloney et al., 1987 [2]; Larsson et al., 2018 [24]
	وجود برنامه منجمد در پروژه	Parker et al., 2021 [7]; Eddy-U, 2015 [11]
	وجود حس تعلق در تیم	VanderHauwaert et al., 2021 [8]; Jarkas and Radosavljevic, 2012 [25]
	شرایط کاری	Olotuah, 2006 [23]; VanderHauwaert et al., 2021 [8]
اجتماعی	اضافه کاری	Parker et al., 2021 [7]; Johari and Jha, [26]; Nasirzadeh and Nojedehi, 2013 [10]; Dabirian, 2022 [12]
	سلامت محیط کار	Seiler et al., 2012 [9]; Hewage and Ruwanpura, 2006 [1]

### ۳- مواد و روش‌ها

#### ۳-۱- رویکرد پویایی سیستم

پویایی سیستم به عنوان یک روش شبیه‌سازی هدف‌گرا، رویکردی برای درک رفتار غیرخطی و متقابل متغیرهای موثر بر سیستم‌های پیچیده در طول زمان با استفاده از حلقه بازخورد می‌باشد [۲۱ و ۲۷]. این روش که در سال ۱۹۶۱ توسط فارستر<sup>۱۴</sup> [۲۸] معرفی گردید و به سرعت گسترش یافت، امکان مدل‌سازی دقیق جهت توصیف، کاوش و تجزیه و تحلیل یک سیستم پیچیده را با در نظر گرفتن همه عوامل تأثیرگذار بر آن سیستم فراهم می‌سازد. ریشه اصلی این روش از نظریه سیستم‌ها ناشی می‌شود که یک رویکرد مدرن در تئوری‌های مدیریت محسوب می‌شود. این روش دو تفاوت اساسی با روش‌های آماری در حل مسائل دارد. نخست آنکه برخلاف روش‌های آماری قصد محدود کردن متغیرها را ندارد و دوم اینکه تلاش می‌کند تا تمامی عناصر دخیل در رفتار پدیده در یک مرز بسته تحلیل نماید. یک مدل SD معمولاً دارای دو ویژگی اصلی (۱) پردازش تغییرات در طول زمان و (۲) فراهم کردن امکان جمع آوری بازخورد یعنی انتقال و دریافت بازخورد داده‌ها در یک سیستم بوده و برای کنترل و شبیه‌سازی فرآیندها قابل استفاده است. پویایی‌های یک سیستم

<sup>14</sup> Forrester



بر اساس نمودارهای حلقه‌ای علت و معلولی و نمودارهای حالت و جریان پیاده سازی می‌شود. بر اساس نمودار علی و معلولی تمامی متغیرها و روابط یک‌سویه و دوسویه آنها طراحی می‌شود. همچنین متغیرهای نهایی با استفاده از حلقه بازخورد به متغیرهای آغازین متصل می‌شوند. البته این حلقه صرفاً جنبه نظری و بصری دارد. برای آنکه پویایی روابط به درستی مدلسازی شود باید متغیرهای دیگری به نام متغیرهای سطح و جریان نیز تعریف شوند. در نهایت ارتباط سیستم با محیط نیز از طریق متغیرهای چشمه (منبع) تبیین می‌گردد. به عبارت بهتر ویژگی اصلی مدلسازی SD در تعیین و ارائه بازخورد نهفته است. این فرآیند بازخورد با کمک ساختارهای انباشت- جریان و همچنین تاخیرهای زمانی و نقشه‌های غیرخطی پویایی سیستم را نشان می‌دهد [۲۳].

از عوامل جذابیت این روش می‌توان به افزایش سرعت ایجاد یک مدل، امکان توسعه گروهی مدل‌ها و سادگی اصلاح ساختار مدل در واکنش به تغییرات سیستم اشاره نمود. به دلیل سادگی ساختار و اصلاحات مدل، ابزارهای محیطی شبیه‌سازی پویایی سیستم، مدل‌سازی را سریع‌تر نموده و از سعی و تلاش برنامه‌ریز به مقدار زیادی کاسته شده و زمان بیشتری را صرف مفهومی نمودن سیستم و جمع‌آوری داده‌ها می‌نماید. همچنین با توجه به ایجاد کل ساختار مدل در یک صفحه و مشاهده گرافیکی ارتباطات متغیرها و پارامترها با یکدیگر، کاربر به راحتی قادر خواهد بود مسائل متنوعی را با انجام تغییرات ساده‌ای در مدل شبیه‌سازی نموده و خروجی‌های مورد نظر خود را از مدل دریافت نماید. روش پویایی سیستم اعتقاد دارد که تغییرات در دنیای واقعی، دارای قانون‌مندی‌هایی بوده که می‌توان با شناخت آنها، مسیر تحولات را در آینده به سمت مطلوب سوق داد و بدون شناخت نظم حاکم بر پدیده‌ها، ورود به هر عرصه اعم از کار، مدیریت و سیاست‌گذاری و به‌طور کلی اتخاذ هرگونه تصمیم، دور از واقعیت خواهد بود. این رویکرد نه تنها ادعای نظم حاکم بر پدیده‌ها را دارد بلکه بر این باور است که با استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی، امکان ساخت مدلی از پدیده‌های دنیای واقعی که تا حد بالایی با ویژگی‌های نسخه واقعی آن را دارد، وجود دارد [۲۴ و ۳۰].

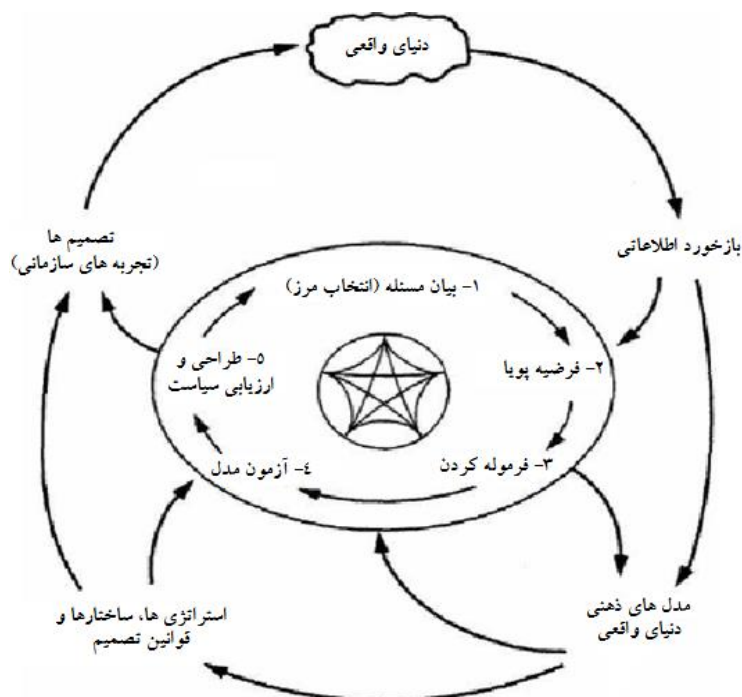
پس از آن به‌کارگیری گسترده روش SD در حوزه‌های مختلف علوم، دامنه کاربرد این روش از تعیین استراتژی یک سازمان تا رویکردهای دینامیک دیابت، از رقابت جنگ سرد بین اتحاد جماهیر شوروی و آمریکا تا بیماری HIV و سیستم ایمنی بدن گسترده است. در واقع روش پویایی سیستم را در هر سیستم دینامیکی با هر مقیاس زمانی و مکانی می‌توان استفاده کرد. این روش در طی سالیان اخیر در مدیریت پروژه نیز به‌کار گرفته شده و روز به روز بر گستردگی کاربرد آن افزوده می‌شود. از جمله مهمترین کاربردهای این روش در مدیریت پروژه می‌توان به مدلسازی روند توسعه یک محصول [۳۱]، تعیین اثرات دوباره‌کاری‌ها بر فرآیند ساخت [۳۲]، مدیریت استراتژیک پروژه‌های پیچیده [۳۳]، بررسی تغییر قوانین ایمنی در پروژه‌ها [۳۴]، تاخیرات [۳۳]، امکان‌پذیری ساخت [۳۵]، بررسی عملکرد شرکت‌های پیمانکاری در مناقصه، بهبود عملکرد پروژه‌های ساخت [۳۶-۳۹]، ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساخت و موارد دیگری از این قبیل اشاره نمود. مقاله حاضر در تلاش است تا با استفاده از این روش به یکی دیگر از موضوعات بنیادین مدیریت پروژه‌های ساخت یعنی نقش عوامل موثر بر ایجاد انگیزش بر عملکرد نیروی انسانی در پروژه‌های ساختمانی بپردازد. بدین منظور در پژوهش حاضر از نرم‌افزار Vensim 9.1 برای شبیه‌سازی نقش عوامل موثر بر ایجاد انگیزش نیروی انسانی بر عملکرد پروژه‌های ساختمانی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها (SD) بهره گرفته شد. این نرم‌افزار با شناسایی حلقه‌های علیت<sup>۱۵</sup> و یافتن نقاط اهرمی<sup>۱۶</sup> به دستیابی اهداف مد نظر کمک می‌کند.

با توجه به اینکه این روش از توانایی مدلسازی کیفی و کمی به‌صورت همزمان برخوردار است، لذا جهت پیاده‌سازی آن با استفاده از یک سری ابزار کمی و قابل محاسبه، حلقه‌های بازخورد کیفی تعریف می‌گردد. ساختار اصلی یک سیستم SD متشکل از چهار جزء اصلی شامل متغیرهای (۱) حالت، (۲) نرخ‌ها یا جریان‌ها، (۳) پیکان‌ها یا متصل‌کننده‌ها و (۴) برگردان‌ها یا مبدل‌ها برای تشکیل حلقه‌های بازخورد است. متغیرهای حالت همواره بیانگر وضعیت یک سیستم و مقدار انباشت در آن می‌باشند. نرخ‌ها یا جریان‌ها فعل یا فعالیتی هستند که متغیر نرخ را تغییر می‌دهند. پیکان‌ها یا متصل‌کننده‌ها معمولاً مقدار ثابتی را نزد خود نگاه داشته و باعث تحریک متغیر نرخ می‌شوند. برگردان‌ها یا مبدل‌ها نیز نشانگر رابطه میان متغیرها می‌باشند. در شکل ۲ فرآیند مدلسازی با روش SD بر مبنای یک فرآیند تکرارپذیر نشان داده شده است. مطابق این شکل می‌توان گفت که مدلسازی با روش SD دربرگیرنده تکرار دائمی بین آزمایش‌ها و یادگیری

<sup>15</sup> Causal Loop

<sup>16</sup> Leverage Points

در دنیای مجازی و تجددها و یادگیری در دنیای واقعی می‌باشد. تجربه‌ها و آزمون‌های به عمل آمده، مدل‌های ذهنی را تغییر داده، منجر به طراحی استراتژی‌های جدید، ساختارهای جدید و قوانین تصمیم جدید می‌گردند. سپس سیاست‌های جدید در دنیای واقعی به کار می‌رود و بازخورد اثرات آنها به دیدگاه‌های جدید و اصلاحات بیشتر در هر دو مدل رسمی و ذهنی منجر می‌شود. به‌طور کلی مدلسازی یک سیستم پیچیده با روش SD مشتمل بر پنج گام اصلی است که هر یک از این گام‌ها به‌طور خلاصه در شکل ۳ نشان داده شده است [۳۸ و ۳۹].



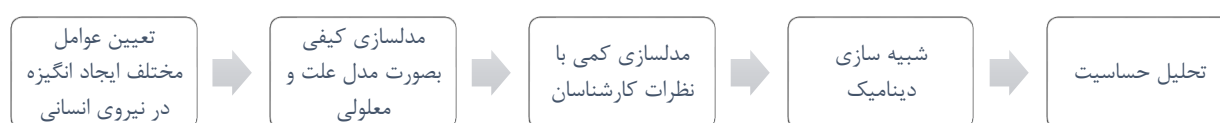
شکل ۲: فرایند مدلسازی در روش پویایی سیستم [۳۷ و ۳۸]



شکل ۳: گام‌های مدلسازی به روش پویایی سیستم

## ۳-۲- چارچوب مدل پیشنهادی

فلوچارت ارائه شده در شکل ۴ مراحل مختلف شبیه‌سازی نقش انگیزش در عملکرد نیروی انسانی در پروژه‌های ساختمانی را با رویکرد دینامیک سیستم نشان می‌دهد. همانطور که از شکل ۴ مشاهده می‌شود، در مرحله اول عوامل مختلف ایجاد انگیزه در نیروی انسانی پروژه‌های ساختمانی، از طریق روش استنتاج جمع‌آوری شده و سپس مدل ارزیابی کیفی داده‌ها توسط روش SD توسعه می‌یابد که تاثیر ایجاد انگیزه در نیروی انسانی بر پیشرفت پروژه را با در نظر گرفتن تمام عوامل موثر شبیه‌سازی می‌کند. برای ساخت مدل کیفی از حلقه‌های بازخورد علت و معلولی استفاده می‌شود. الزام دیگر تعریف معادلات ریاضی حاکم بر عوامل مختلف است که براساس آن مدل کمی تاثیر ایجاد انگیزه بر در بهره‌وری پروژه‌های ساخت و پیشرفت و تکمیل پروژه ساختمانی باید توسعه یابد. شبیه‌سازی سیستم پویا با ارزیابی کیفی اثر ایجاد انگیزه در نیروی انسانی بر پیشرفت پروژه توسعه یافته اجرا می‌شود و بنابراین مدل کیفی، کمی‌سازی می‌شود. مرحله نهایی شامل تجزیه و تحلیل حساسیت است که تأثیر عوامل مختلف ایجاد انگیزه در نیروی انسانی بر پیشرفت پروژه ساختمانی ارزیابی می‌کند.



شکل ۴: مراحل شبیه‌سازی از طریق روش پویایی سیستم

## ۴- بحث و بررسی یافته‌ها

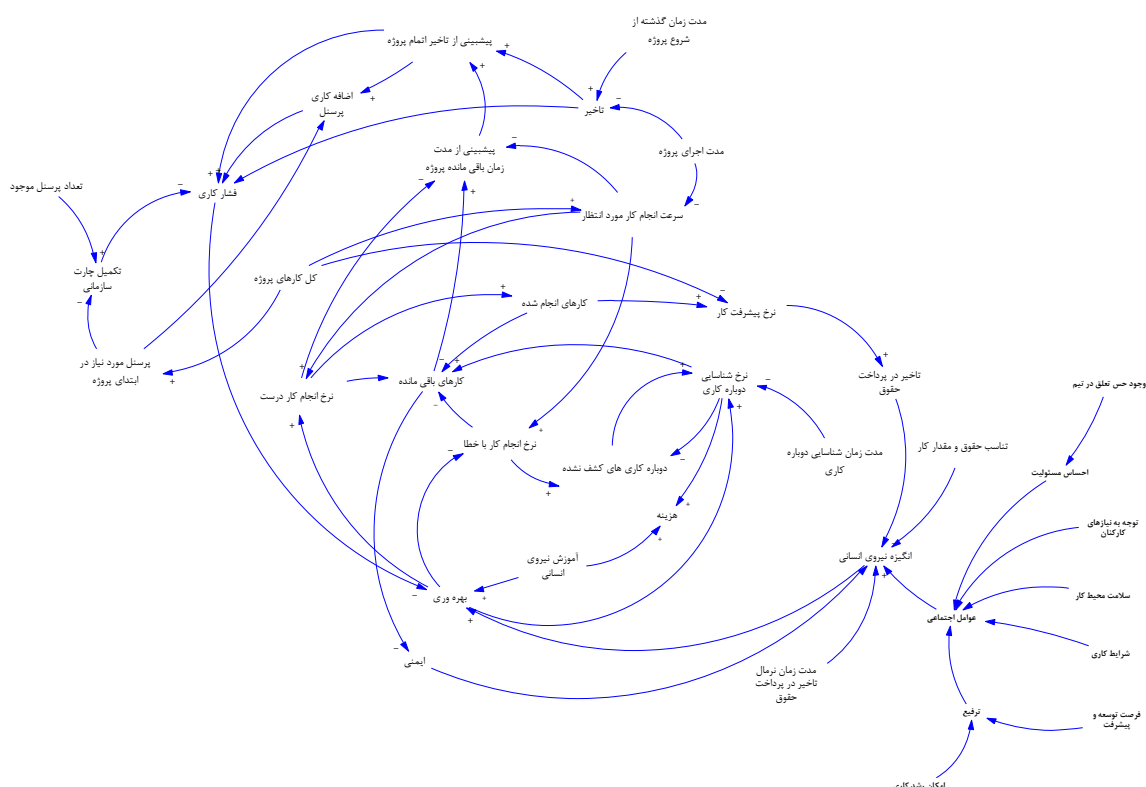
در این بخش نتایج حاصل از بررسی عوامل موثر در ایجاد انگیزه در نیروی انسانی پروژه‌های ساختمانی در جهت بهینه سازی عملکرد آنها و در نتیجه بهبود روند تکمیل پروژه مورد ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا به شناسایی عوامل موثر پرداخته سپس مدلسازی کیفی و کمی با رویکرد دینامیک سیستم و نرم‌افزار Vensim انجام شد. در ادامه تاثیر این عوامل به صورت شبیه‌سازی و تحلیل حساسیت، ارزیابی شد. در نهایت تلاش شد تا اثر عوامل شناسایی شده بر بهینه سازی عملکرد نیروی انسانی و در نتیجه پیشرفت پروژه‌های ساختمانی مورد مطالعه قرار گیرد.

## ۴-۱- مدلسازی کیفی (نمودار علت و معلول)

برای ساخت مدل علت و معلولی و مدلسازی کیفی دو روش وجود دارد: (۱) رویکرد ارزیابی واقعی پروژه و (۲) رویکرد مصاحبه تخصصی. رویکرد اول شامل بررسی برخی از پروژه‌های قبلی اجرا شده توسط پیمانکاران و تعیین پارامترهای موثر بر ایجاد انگیزه در نیروی انسانی پیمانکار است. علاوه بر این در این رویکرد، پارامترهای موثر نیز تعیین می‌شوند. رویکرد دوم بر این تصور استوار است که در شناخت عوامل مؤثر بر ایجاد انگیزه در کارکنان تیم پیمانکار پروژه ساختمانی، مصاحبه تخصصی از جمله پیمانکاران، مدیران پروژه، مهندسان و غیره می‌تواند مفید باشد. در انجام این کار، استفاده از چندین تکنیک مرسوم مانند روش دلفی و طوفان ذهنی استفاده شده است. بدین منظور از خبرگان درخواست شد تا نظر خود را در خصوص پارامترهای موثر بر ایجاد انگیزه در کارکنان تیم پیمانکار بیان نمایند. پرسشنامه‌های پاسخ داده شده جمع‌آوری گردید و استخراج داده‌ها انجام شد.

در این تحقیق از متخصصان مدیریت نیروهای انسانی در پروژه‌های ساختمانی اداری-تجاری و پیمانکاران فعال در این پروژه‌ها، مصاحبه اخذ شد که هر کدام حداقل ۱۰ سال سابقه فعالیت در صنعت ساخت و ساز و عمران داشتند. از شرکت کنندگان خواسته شد تا بیان کنند که چه پارامترهایی وجود دارد که فکر می‌کنند بر ایجاد انگیزه در نیروی انسانی پروژه‌های ساختمانی در دستیابی به اهداف پروژه و تکمیل اثر داشته باشد، و اینکه هرگونه روابط کیفی مثبت منفی که بین این پارامترها وجود دارد را مشخص نمایند. پس از تعیین عوامل مؤثر، رابطه بین عوامل تعیین شده از طریق حلقه‌های بازخورد علت و معلولی با اقتباس از مدل مرکزی پیشنهاد شده توسط

استرمن<sup>۱۷</sup> [۲۹] در خصوص تفکر سیستمی و مدلسازی پویایی کسب و کار برای دنیای پیچیده استخراج شد. مدل مفهومی کیفی تاثیر عوامل انگیزشی بر عملکرد نیروی انسانی در پیشبرد اهداف یک پروژه ساختمانی اداری تجاری در شکل ۵ نشان داده شده است. عوامل موثر بر ایجاد انگیزش نیروی انسانی در این پروژه ساختمانی به ندرت مستقل از یکدیگر بوده و اغلب دارای ارتباطات پیچیده با یکدیگر می باشند. این ارتباطات به گونه ای است که معمولاً برخی از عوامل، علت وقوع عوامل دیگری به شمار رفته و برعکس. در نمودار علت و معلولی، علامت مثبت بین دو عامل بیانگر رابطه مستقیم و علامت منفی بیان کننده رابطه عکس می باشد. در پروژه های ساختمانی، پیشرفت پروژه و تکمیل آن مهمترین عامل برای سنجش عملکرد پروژه است که در این پژوهش نیز تاثیر عوامل انگیزشی کارکنان بر این پیشرفت براساس حلقه های علت و معلولی بین کارهای پروژه و کارهای انجام شده و باقی مانده و دوباره کاری ها و تاثیر نیروی انسانی بر این حلقه و از سوی دیگر تاثیر عوامل انگیزشی بر بهره وری نیروی انسانی ترسیم می شود. در شکل ۵ حلقه های تشکیل دهنده مدل مفهومی کیفی پژوهش حاضر نشان داده شده است.



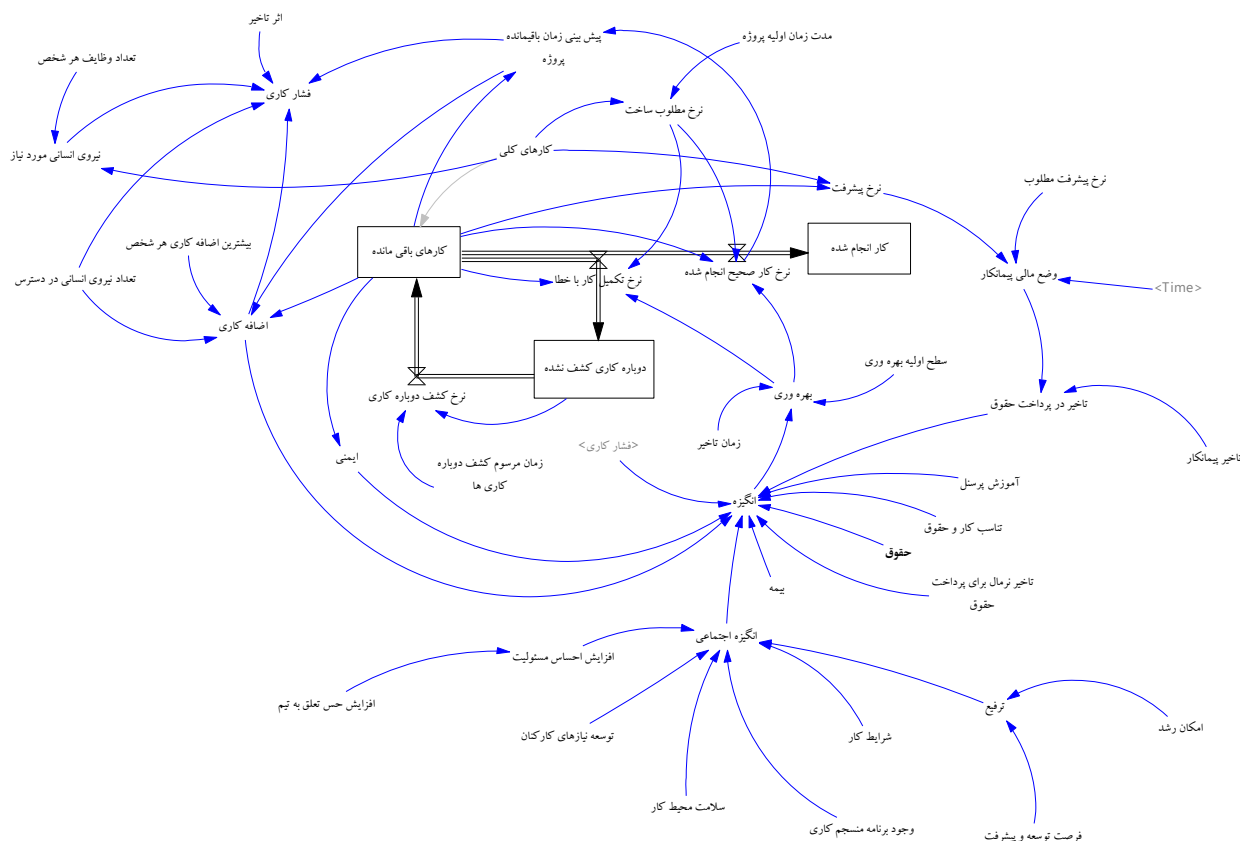
شکل ۵: مدل مفهومی کیفی (نمودار علت و معلولی) دارای مدل مرکزی اقتباس شده از [۲۹]

#### ۴-۲- مدلسازی کمی پویا (نمودار انباشت - جریان)

پس از تعیین مدل کیفی، به شناسایی روابط موجود بین عوامل مختلف پرداخته شده و سپس مدل کمی که مبتنی بر نمودار انباشت جریان است، استخراج می گردد (شکل ۶). طبق اصول این روش، برای شناسایی روابط بین عوامل مختلف، می توان از دو روش براساس نوع عامل و دسترسی به داده ها یعنی (۱) داده های تاریخی و (۲) قضاوت کارشناسان از طریق رویکرد استنتاج استفاده کرد. در صورتی که داده های تاریخی (از چندین پروژه قبلاً اجرا شده) قابل دسترسی باشد، رابطه می تواند با نرم افزار مناسب برنیابی شود. در مواردی که داده های تاریخی قابل دسترسی نیستند یا پارامترها شامل متغیرهای کیفی می شوند، از قضاوت متخصصان برای شناسایی رابطه از طریق مکانیسم استنتاج استفاده می شود. به دلیل عدم دسترسی به مستندات دقیق مرتبط با ایجاد انگیزه در عملکرد نیروی انسانی

<sup>17</sup> Sterman

پروژه‌های ساختمانی در بسیاری از شرکت‌های صنعت ساختمان، در پژوهش حاضر از مکانیسم استنتاج برای تعیین روابط عوامل در قضاوت‌های کارشناسان استفاده شده است. کمی‌سازی مدل با استفاده از معادلات ریاضی و براساس قضاوت خبرگان می‌باشد. در مرحله بعدی برای شبیه‌سازی داده‌ها، رابطه مابین عوامل شناسایی شده فرمول‌بندی می‌شوند. این فرمول‌ها با استفاده از روابط منطقی و بدیهی بین عوامل وارد نرم‌افزار می‌شود. شکل ۶، جریان ساختار انباشت-جریان با اقتباس از مدل مرکزی پیشنهاد شده توسط استرمن [۲۹] درخصوص تفکر سیستمی و مدلسازی پویایی کسب و کار برای دنیای پیچیده را نشان می‌دهد. این مدل دارای سه انباشت مربوط به پروژه شامل کار انجام شده، کارهای باقی مانده، دوباره‌کاری کشف نشده می‌باشد. پس از تایید دوباره‌کاری، کار تکمیل شده نهایی تایید می‌شود و به مخزن کار انجام شده می‌رود که براساس آن می‌توان زمان اتمام کار را تعیین نمود. پس از تایید میزان کارهای باقی مانده و انجام شده، میزان دوباره‌کاری کشف نشده مشخص می‌شود. متغیرهای مرتبط با کارهای باقی مانده مشخص شده است که مشاهده می‌شود نقش نیروی انسانی در همه حلقه‌ها وجود دارد و بهره‌وری و رضایت نیروی انسانی در راستای انجام کار درست و پیشرفت کار قرار دارد. جهت کسب رضایت نیروی انسانی، از پارامترهای انگیزشی اقتصادی و روانی و اجتماعی استفاده شد و تلاش شد که تاثیر این پارامترها بر افزایش انگیزه و رضایت نیروی انسانی مدنظر قرار گیرد. پس از این مرحله، پیشرفت کار با توجه به نیروی انسانی و بهره‌وری پروژه پیش خواهد رفت.

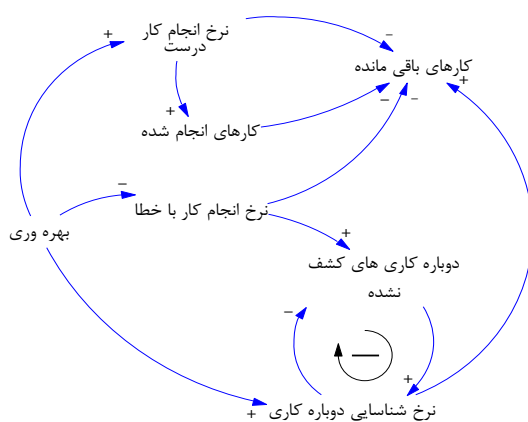


شکل ۶: مدل مفهومی کمی (نمودار انباشت-جریان) دارای مدل مرکزی اقتباس شده از [۲۹]

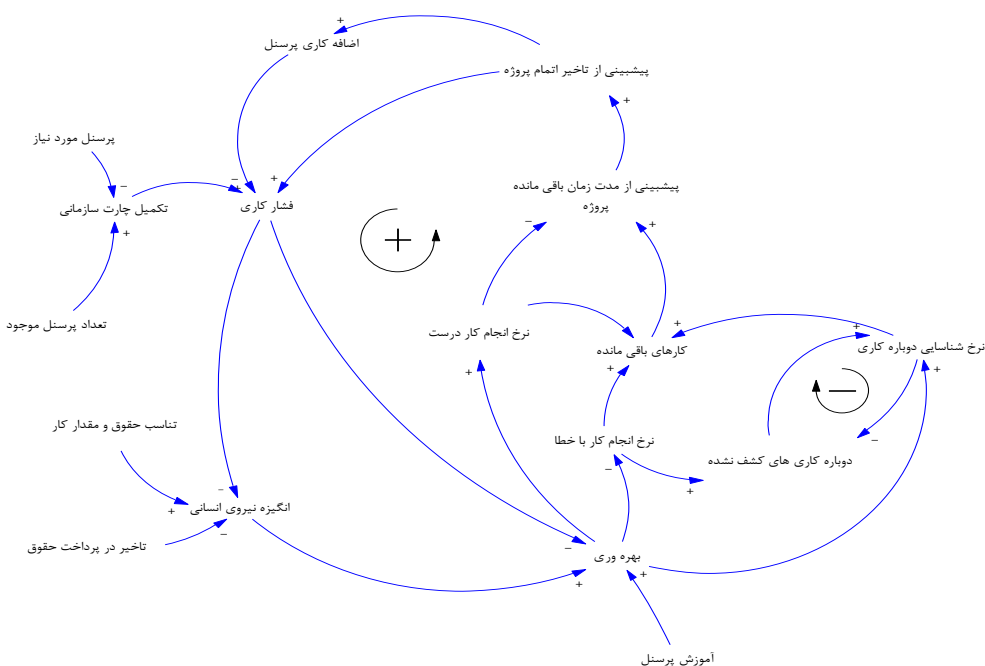
### ۳-۴- رابطه بین بهره‌وری پروژه و کارهای مانده پروژه

مطابق مدل پایه مرتبط با کارهای یک پروژه که نخستین بار توسط استرمن تعریف گردیده، می‌توان این کارها را به چند بخش مختلف شامل کار باقی مانده و کار انجام شده و دوباره‌کاری‌ها تفکیک نمود که این تقسیم‌بندی فاکتور مهمی در زمینه پیشبرد و بهره‌وری پروژه محسوب می‌شوند. بر همین اساس در شکل ۷، رابطه کل کارهای انجام شده و باقی مانده با بهره‌وری نشان داده شده است.

نرخ انجام کار درست طبق سطح بهره‌وری مشخص می‌گردد. با کار انجام شده، کار باقی‌مانده مشخص شده و نرخ کار با خطا نیز تعیین می‌شود. پس از شناسایی دوباره کاری، کار تکمیل شده نهایی تایید می‌شود و زمان اتمام کار حاصل می‌گردد. پس از پیش‌بینی مدت زمان باقی‌مانده و تاخیر پروژه، فشار کاری برآورد می‌شود که بر انگیزه و عملکرد نیروی انسانی و بهره‌وری پروژه تاثیر دارد. با توجه به هدف این مقاله که بررسی رابطه بهره‌وری پروژه و ایجاد انگیزه نیروی انسانی است، بنابراین حلقه به سمت نیروی انسانی گسترش می‌یابد که طبق معیارهای استخراج شده و بررسی‌های صورت گرفته درخصوص عوامل ایجاد انگیزه حلقه بعدی به صورت اثر نیروی انسانی بر پیشرفت پروژه طراحی می‌شود (شکل ۸). مطابق این چرخه، کارهای باقی‌مانده نیاز به پیش‌بینی مدت زمان باقی‌مانده پروژه را تسهیل می‌کند که این مدت زمان منجر به پیش‌بینی تاخیر در اتمام پروژه می‌شود و مدت زمان تاخیر پیش‌بینی شده بر اضافه کاری پرسنل و همچنین فشار کاری وارد بر آنها تاثیر دارد. از سوی دیگر نرخ انجام کار صحیح که از بهره‌وری نیروی انسانی برمی‌آید بر کارهای باقی‌مانده و کل پروژه و اتمام آن تاثیرگذار است. به عبارت دیگر رضایت نیروی انسانی لازمه بهره‌وری آنها می‌باشد که این رضایت در صورت وجود برخی شرایط حقوقی و اقتصادی افزایش می‌یابد.

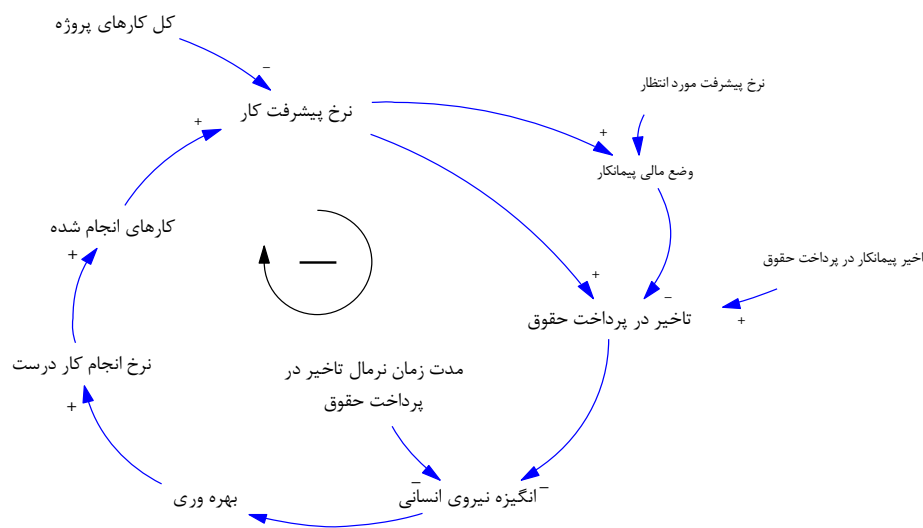


شکل ۷: رابطه کل کارهای انجام شده و باقی‌مانده با بهره‌وری دارای مدل مرکزی اقتباس شده از [۲۹]



شکل ۸: رابطه و حلقه تاثیر نیروی انسانی بر پیشرفت پروژه و فشار کاری

با توجه به مطالب ارائه شده در بخش مبانی نظری و انگیزه کاری نیروی انسانی، عامل اقتصاد و پارامترهای مرتبط با آن، نقش مهمی در ایجاد انگیزه در نیروی انسانی یک پروژه دارد. حلقه پرداخت حقوق و تاثیر آن بر رضایت نیروی انسانی با در نظر گرفتن تاخیر در پرداخت در شکل ۹ ارائه شده است. مطابق این حلقه نرخ پیشرفت مورد انتظار که یک متغیر کمکی می‌باشد با وضع مالی پیمانکار در ارتباط می‌باشد و تاخیر پیمانکار در پرداخت حقوق مستقیماً بر پرداخت حقوق تاثیر دارد که باعث کاهش رضایت نیروی انسانی می‌شود بنابراین انگیزه اقتصادی عامل قوی در رضایت و بهره‌وری نیروی انسانی یک پروژه است.



شکل ۹: رابطه تاثیر پارامترهای اقتصادی بر انگیزه نیروی انسانی (حلقه تاثیرگذاری میزان پرداختی به پیمانکار بر روی انگیزه نیروی انسانی)

پارامترهای اجتماعی و روانی نیز در مدل جریان نشان داده شده‌اند و مشخص است که چگونه بر رضایت نیروی انسانی و انگیزه کاری آنها تاثیر دارد. این پارامترها در مدل جریان (شکل ۶) به صورت کامل مشخص شده است. بررسی تاثیر رضایت نیروی انسانی بر پیشرفت پروژه، به عنوان هدف اصلی این تحقیق و متاثر از فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی و روانی می‌باشد که در مدل جریان (شکل ۶) نیز نمایش داده شده است. طبق آنچه که در شکل ۶ ارائه شده است، مدل بهبود وضع پروژه با لحاظ رضایت نیروی انسانی شامل سه انباشت کلی است که دو انباشت مربوط به کار باقی‌مانده و دوباره کاری پروژه در قالب متغیرهای کمکی نرخ کار صحیح و نرخ تکمیل کار با خطا و نرخ دوباره کاری کشف نشده به کار انجام شده خواهد رفت که پارامترهای دخیل در آنها نیز در بخش های قبل توصیف شد. طبق این نمودار انباشت، کارهای باقی مانده، نیاز به اضافی کاری دارد که پیش‌بینی زمان باقی‌مانده و تعداد نیروی انسانی بر آن تاثیر دارد. اضافی کاری منجر به فشار کاری می‌شود که فاکتورهای موثر بر فشار کاری به صورت تعداد نیروی انسانی و و تعداد مورد نیرو و تاخیر پیش آمده در نظر گرفته شده است. کارهای باقی‌مانده نیاز به ایمنی نیز دارد که ایمنی سبب رضایت نیروی کاری خواهد شد. از سوی دیگر انباشت کارهای باقی‌مانده متناسب با نرخ پیشرفت کار و وضع اقتصادی پیمانکار پیش خواهد رفت که وضع اقتصادی به صورت پرداخت حقوق نیروی انسانی بر رضایت آنها تاثیر دارد.

## ۵- به کارگیری مدل توسعه یافته در یک پروژه موردی

در این بخش به منظور بررسی عملکرد مدل پیشنهادی، اقدام به پیاده‌سازی آن در محیط واقعی یک پروژه ساختمان اداری- تجاری به عنوان مطالعه موردی گردیده است. پارامترهای عددی در این پروژه شامل تعداد ۸۵۰ کار مختلف به‌عنوان کل وظایف پروژه و ۷۳۰ روز به‌عنوان زمان کل اجرای پروژه در نظر گرفته شده است. همچنین نیروی انسانی در دسترس برای اجرای وظایف کاری تعریف شده در این پروژه، ۱۵ نفر می‌باشد. با نرخ‌های تعیین شده در انباشت‌ها می‌توان تغییرات محتمل و ممکن در پروژه محاسبه گردیده است.

## ۵-۱- اعتبارسنجی مدل پیشنهادی

قابلیت اطمینان مدل در درجه اول به سالم بودن و قابلیت استفاده مدل پیشنهادی بستگی دارد. در مطالعه حاضر، طیفی از آزمون‌های مختلف برای آشکار کردن نقاط ضعف بالقوه مدل پویایی سیستم در صورت وجود و افزایش قابلیت اطمینان آن استفاده شد [۳۷]. آزمون‌های استاندارد مختلفی برای اعتبارسنجی یک مدل پویایی سیستم وجود دارد. از مهمترین این آزمون‌ها می‌توان به آزمون‌های کفایت مرزی، ارزیابی حساسیت ساختاری، ثبات ابعادی و شرایط حدی اشاره نمود که در تحقیق حاضر به تبعیت از تحقیقات انجام شده توسط، از این چهار آزمون برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی بهره گرفته شده است.

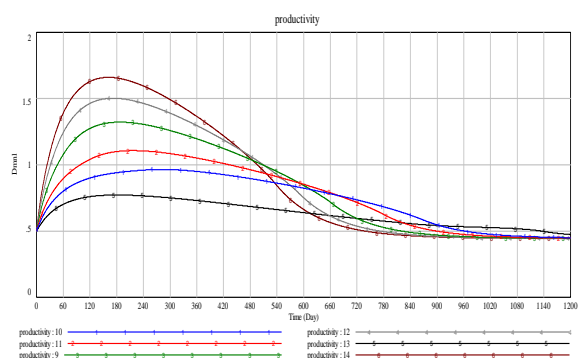
برای اعتبارسنجی کفایت مرزی مدل و همچنین عدم وجود بازخورد مهم بالقوه در مدل، از اسناد و مدارک موجود در یک پروژه واقعی و مصاحبه با خبرگان مشغول به کار در این پروژه استفاده شد. بدین منظور مرزبندی مدل پیشنهادی بر مبنای متغیرهای درون‌زا، برون‌زا و مستثنی (شکل ۶) و بازرسی مستقیم معادلات به کار رفته جهت تعیین روابط بین پارامترهای موثر بر فرآیند تحقیق صورت پذیرفت. همچنین به منظور اطمینان از وجود بازخوردهای مهم بالقوه در مدل پیشنهادی، نمودار حلقه‌های علت و معلولی (شکل ۵) و نمودار انباشت- جریان (شکل ۶) با استفاده از مصاحبه با اعضای تیم پروژه و مرور بر ادبیات موضوع تعیین شد. آزمون اعتبارسنجی ساختاری وظیفه دارد تعیین کند که آیا مدل پیشنهادی با دانش واقعی و توصیفی مرتبط با اهداف سیستم سازگار است یا خیر. در مدل پویایی سیستم پیشنهادی، پس از تعیین عوامل مؤثر بر افزایش انگیزه نیروی انسانی، ساختار بازخورد مربوط به این عوامل با استفاده از مصاحبه‌های ساختاریافته و از طریق پرسشنامه‌های جمع‌آوری شده از کارشناسان مجرب، اعتبارسنجی شد. نمودار انباشت- جریان (شکل ۶) اعتبار هدف مدل پیشنهادی و نمودار علت و معلولی (شکل ۵) اعتبار اطلاعات استفاده شده برای تصمیم‌گیری را در ارتباط با محیط واقعی پروژه نشان می‌دهد. علاوه بر این برای ایجاد مدل، انطباق مدل با واقعیت‌های فیزیکی اصلی همچون قانون بقا و واقع‌گرایی در تصمیم‌گیری (به‌طور مثال اطمینان از یکسان بودن حجم کار با محدوده اولیه پروژه) رعایت گردیده است. برای اعتبارسنجی سازگاری ابعادی مدل و اطمینان یافتن از همخوانی واحدی متغیرهای مسئله و سازگاری آن با جهان واقعی، اقدام به آنالیز واحدهای به کار رفته توسط نرم‌افزار Vensim پرداخته شد. بدین منظور با بازرسی مستقیم معادلات جهت تعریف روابط بین پارامترهای موثر بر مدل پیشنهادی از بروز مقادیر غیرمنطقی و ناسازگار با محیط واقعی پروژه (به‌طور مثال اعداد منفی برای مخازن همچون حجم کار انجام شده و زمان) جلوگیری به عمل آمد. برای اطمینان از استحکام مدل پیشنهادی و تطابق رفتار آن با محیط واقعی پروژه بدون در نظر گرفتن اثر متغیرهای ورودی و روابط بین آنها بر اهداف مدل، از آزمون اعتبارسنجی شرایط حدی استفاده شد. بدین منظور معادلات تعریف شده برای بیان روابط بین پارامترهای مختلف مدل مورد بررسی قرار گرفت و با تخصیص مقادیر تشدید به تعداد معینی از پارامترهای ورودی (به‌طور مثال کاهش پارامتر تاخیر در پرداخت حقوق توسط پیمانکار و همچنین نیروی کار به صفر) رفتار منطقی و واقع‌بینانه مشاهده شد.

## ۵-۲- نتایج شبیه‌سازی

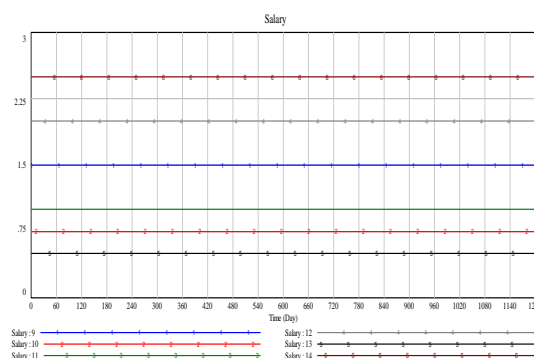
برای بررسی تاثیر پارامترهای انگیزشی بر عملکرد پروژه، سناریوهایی طراحی و تحلیل می‌شود. در مقاله حاضر با در تمرکز بر سه عامل انگیزشی شامل حقوق و وضعیت پرداخت آن و نسبت حقوق به کار به آنالیز سناریوهای مختلف موثر بر عملکرد و پیشرفت پروژه پرداخته شده است. در سناریوی اول به تغییر ضریب حقوق در پنج حالت پرداخته می‌شود که در دیاگرام شکل ۱۰-الف این ضریب تغییر ارائه شده است و شامل (۱) ثابت ماندن حقوق، (۲) کاهش ۲۵٪ حقوق، (۳) کاهش ۵۰٪ حقوق، (۴) افزایش ۵۰٪ حقوق، (۵) ۲ برابر شدن حقوق، (۶) ۲/۵ برابر شدن حقوق می‌باشد. طبق نظرسنجی از کارشناسان پروژه حاضر، نرخ بهره‌وری اولیه ۴۹٪ مشخص شده است که مطابق شکل ۱۰-ب، در صورت تغییر میزان حقوق، این نرخ ابتدا افزایش و با تکمیل پروژه به همان سطح اولیه نزدیک می‌شود. طبق این نتیجه در حالتی که ضریب تغییر حقوق ۲/۵ برابر می‌شود، بهره‌وری در ۵ ماه اول تا سه برابر نیز افزایش می‌یابد. از سوی دیگر نرخ پیشرفت کار مطابق شکل ۱۰-ج، در حالت افزایش ۲/۵ برابری حقوق در زمان ۵۳۰ روز به عدد ۱ می‌رسد و طبق شکل ۱۰-د، تکمیل کار نیز در همان زمان انجام می‌شود. در سناریوی دوم پارامتر کلی انگیزه تغییر می‌یابد که در سه حالت با ضریب تغییر ۵/۵، ۱/۲ و ۱/۵ بررسی می‌شود. مطابق شکل ۱۱، تغییر پارامتر انگیزه بر نرخ صحیح انجام کار تاثیر دارد. این نرخ که طبق نظرسنجی از کارشناسان در حالت اولیه



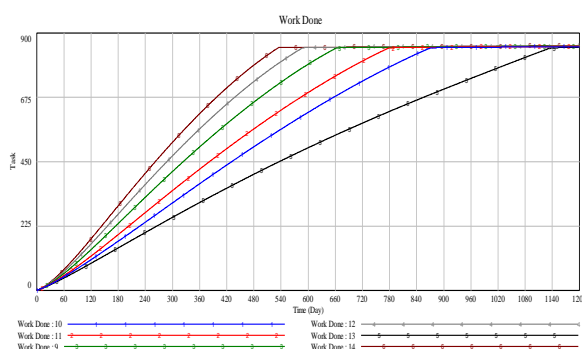
۰/۵۲ پیش‌بینی شده، چنانچه افزایش ۰/۵٪ انگیزه نیروی انسانی در پروژه بوجود آید تا ۳ برابر نیز افزایش یافته و پروژه در زمان ۶۹۰ روز و ۳۰ روز کمتر از زمان تعیین شده به پایان می‌رسد. در حالت کاهش ۰/۵٪ سطح انگیزه این نرخ افزایش چندانی نداشته و ۴۴۰ روز بیشتر از مدت اولیه طول می‌کشد تا تمامی کار پروژه به درستی انجام شود. در سناریوی سوم به بررسی تغییرات پارامتر نسبت حقوق به کار پرداخته شده است. در این سناریو فرض می‌شود که ضریب تغییر نسبت حقوق به کار با مقادیر مختلف ۰/۲، ۰/۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۷۵ و ۲ مواجهه شده است. نتایج شبیه‌سازی طبق شکل ۱۲ نشان می‌دهد که با کاهش این نسبت تا ۰/۵٪ پروژه با ۴۰۰ روز تاخیر به پایان می‌رسد و با افزایش آن تا ۱/۵ برابر پروژه ۷۰ روز زودتر تکمیل می‌شود.



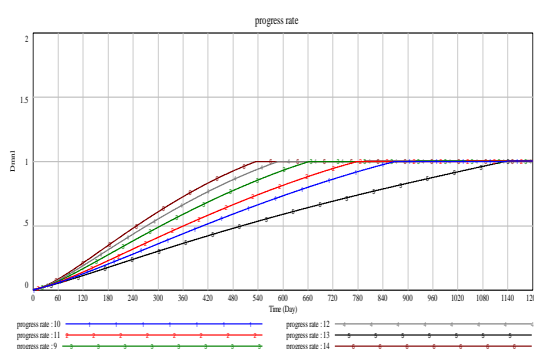
(ب)



(الف)



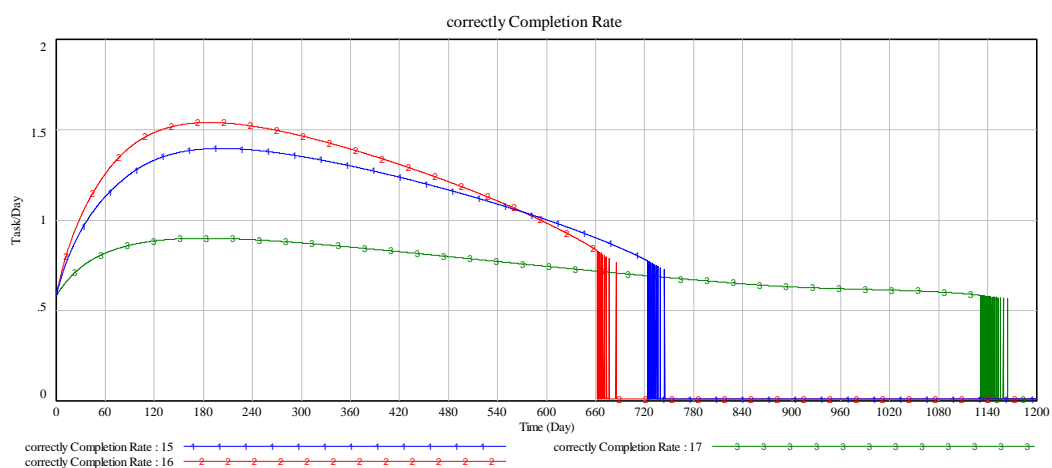
(د)



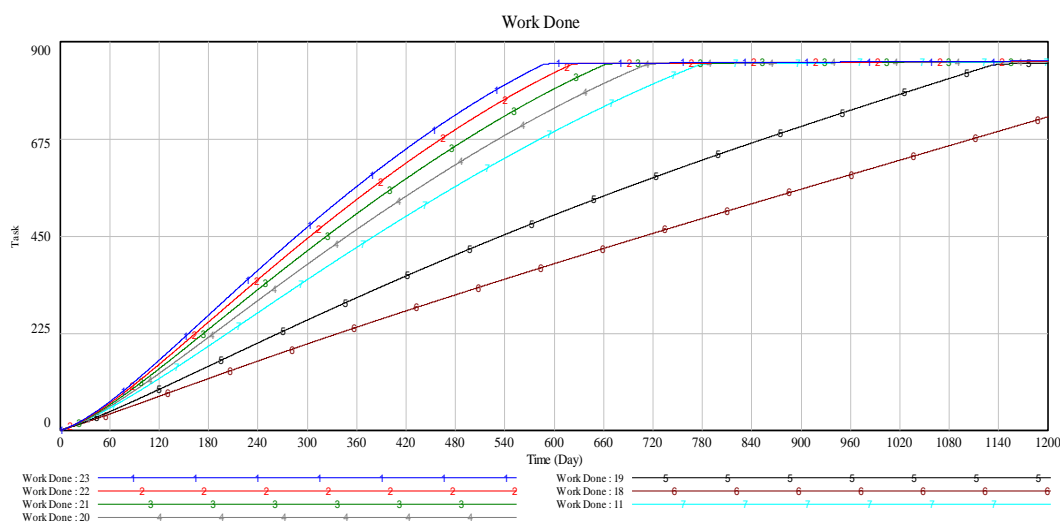
(ج)

شکل ۱۰: (الف) مقادیر ضریب تغییر حقوق، (ب) تغییرات بهره‌وری در اثر مقادیر مختلف ضریب تغییر حقوق، (ج) نرخ پیشرفت پروژه در اثر مقادیر مختلف ضریب تغییر حقوق و (د) زمان تکمیل کارهای پروژه در اثر مقادیر مختلف ضریب تغییر حقوق

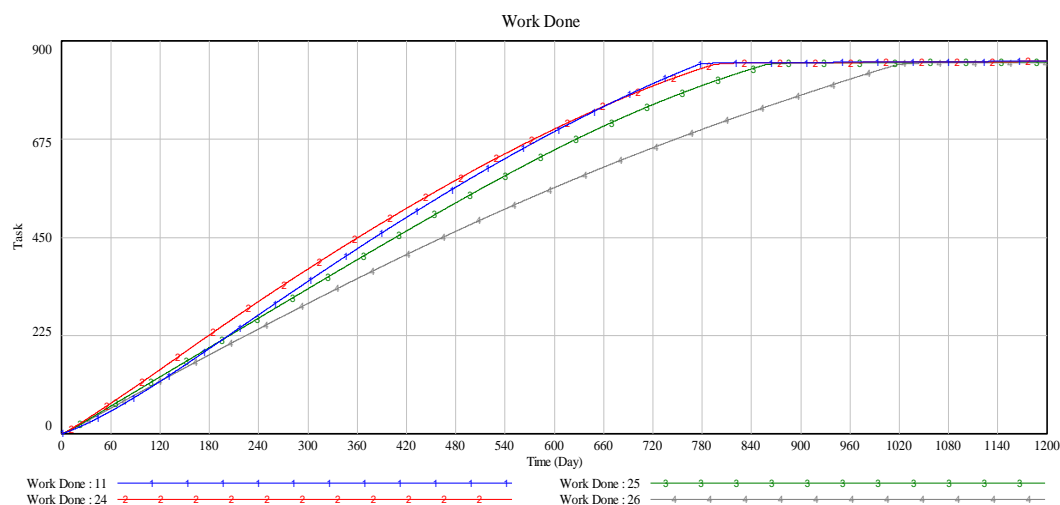
سناریوی چهارم مربوط به تغییر پارامتر تاخیر در پرداخت توسط پیمانکار به میزان ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ می‌باشد. طبق شکل ۱۳ با بیشتر شدن این ضریب، تاخیر در تکمیل پروژه نیز افزایش بیشتری خواهد داشت. در صورت افزایش ۳۰ درصدی تاخیر در پرداخت حقوق، پروژه با ۳۰۰ روز تاخیر به اتمام خواهد رسید. با افزایش تاخیر در پرداخت حقوق، انگیزه نیروی انسانی کاهش یافته و بهره‌وری آنها نیز کاهش می‌یابد. بنابراین دوباره کاری‌ها نسبت به حالت عادی (شبیه‌سازی شماره ۱۱) تغییر یافته و طبق شکل ۱۴ مشاهده می‌شود که در انتهای پروژه تعداد دوباره کاری‌های کشف نشده در حالت افزایش ۳۰ درصدی مدت تاخیر پرداخت، نسبت به حالت اولیه در تمام زمان پروژه بیشتر بوده و نهایتاً منجر به اتمام پروژه در زمان طولانی‌تر شده است. در سناریوی پنجم نیز به بررسی عامل مهم دیگر یعنی نرخ صحیح انجام کار پرداخته شده است. در این سناریو فرض می‌شود که این نرخ به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش یافته است. نتایج شبیه‌سازی مدل (شکل ۱۵) نشان می‌دهد در هر سه حالت تکمیل پروژه با تاخیر مواجه می‌شود. به‌طور مثال با کاهش ۱۰ درصدی نرخ صحیح انجام کار، پروژه با حدود ۳ ماه تاخیر مواجه خواهد شد.



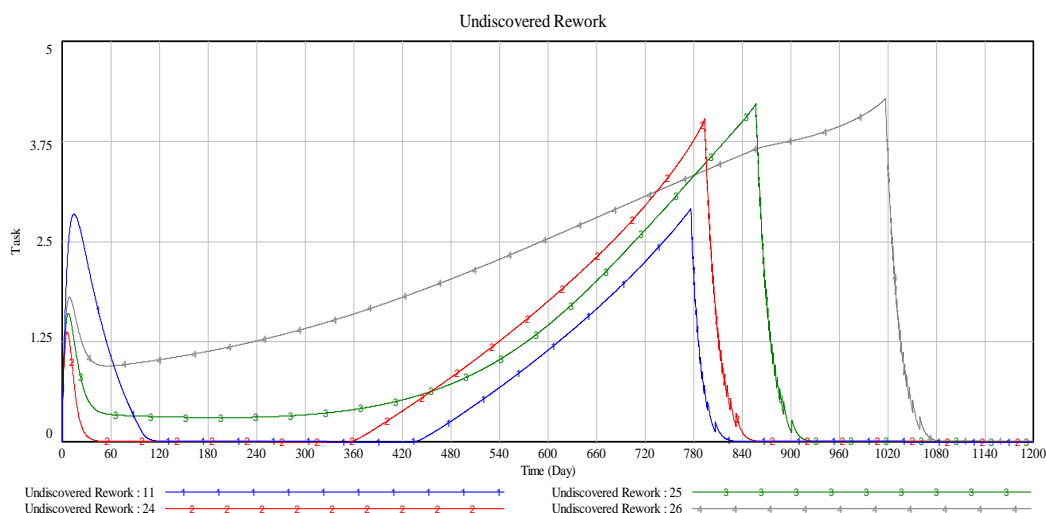
شکل ۱۱: تاثیر تغییر پارامتر انگیزه بر نرخ انجام صحیح کار



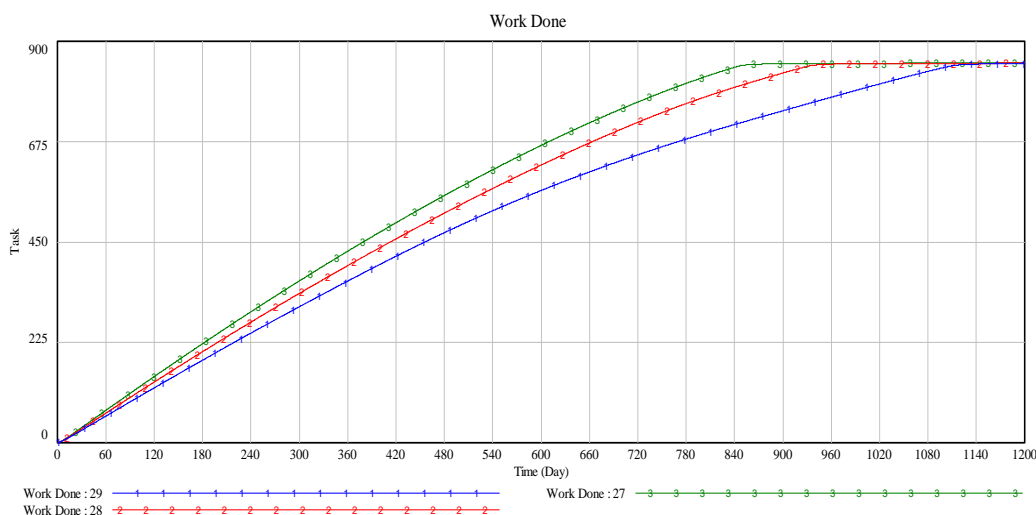
شکل ۱۲: اثر تغییر پارامتر نسبت حقوق به کار بر اتمام پروژه



شکل ۱۳: تاثیر تغییر پارامتر تاخیر در پرداخت توسط پیمانکار بر اتمام پروژه



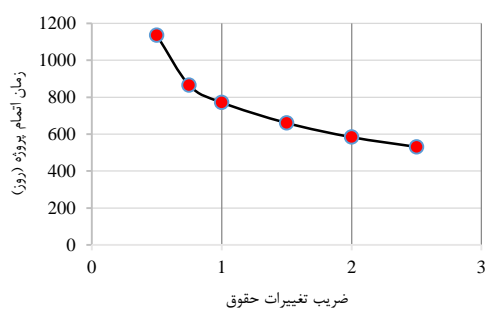
شکل ۱۴: تاثیر تغییر پارامتر تاخیر در پرداخت توسط پیمانکار دوباره کاری های کشف نشده



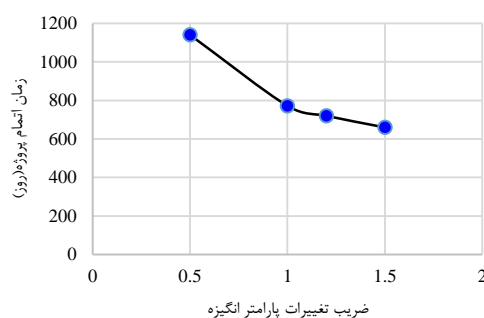
شکل ۱۵: تاثیر تغییر پارامتر نرخ صحیح انجام کار بر اتمام پروژه

در جمع بندی پنج سناریوی طراحی شده در مدل و پروژه مورد مطالعه، داده های حاصل از شبیه سازی در نرم افزار Vensim استخراج و مطابق با نمودارهای شکل ۱۶ ترسیم شد. مطابق آنچه که نتایج نشان می دهد در نمودار شکل ۱۶-الف، تغییر پارامتر انگیزه و برابر شدن آن منجر به اتمام پروژه در زمان ۶۶۰ روز شده است و کاهش ۵۰٪ این پارامتر پروژه را با ۴۱۰ روز تاخیر مواجه ساخته است. در نمودار شکل ۱۶-ب، روند تغییر زمان اتمام پروژه با تغییر پارامتر حقوق بررسی شده است. نتایج نشان می دهد که دو برابر شدن حقوق نیروی انسانی پروژه می تواند سبب کاهش ۱۴۰ روزه زمان تکمیل پروژه شود. همچنین مطابق نتایج این نمودار کاهش ۵۰٪ حقوق سبب افزایش زمان تکمیل پروژه تا ۱۱۳۷ روز خواهد شد. نمودار شکل ۱۶-ج، نتایج حاصل از داده های مربوط به اثر پارامتر تاخیر در پرداخت را نشان می دهد که مطابق نتایج افزایش ۲۰٪ مدت تاخیر در پرداخت سبب افزایش تکمیل پروژه تا ۸۶۰ روز شده است. افزایش تاخیر در پرداخت حقوق سبب کاهش انگیزه کارکنان پروژه و بنابراین کاهش بهره وری و در نهایت افزایش زمان پروژه خواهد شد. مطابق شکل ۱۶-د، روند تغییر پارامتر نسبت حقوق به کار با زمان تکمیل پروژه یک رابطه عکس می باشد، بدین صورت که با افزایش این نسبت ۲ برابر، زمان پروژه ۱۴۵ روز (حدود ۵ ماه) کاهش می یابد و از سوی دیگر کاهش این نسبت تا ۵۰٪ منجر به افزایش زمان پروژه تا ۱۱۴۰ روز شده است.

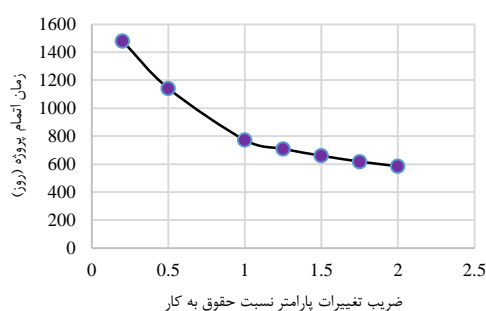
همچنین نتایج داده‌های استخراج شده از تاثیر پارامتر نرخ صحیح انجام کار (شکل ۱۶-و) نشان می‌دهد که کاهش ۲۰٪ این نرخ که در اثر کاهش انگیزه بوجود آمده است می‌تواند سبب تکمیل پروژه با ۲۰۰ روز تاخیر گردد.



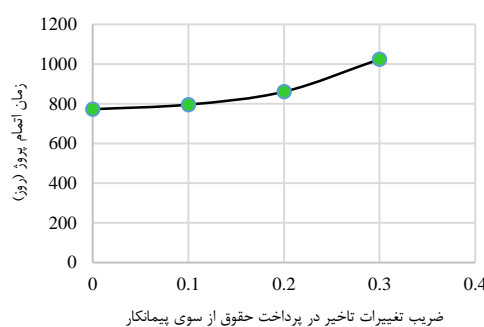
(ب)



(الف)



(د)



(ج)



(و)

شکل ۱۶: نمودار داده‌های خروجی شبیه‌سازی مدل در بررسی اثر پارامترهای مختلف بر زمان پروژه: (الف) پارامتر انگیزه، (ب) پارامتر حقوق، (ج) پارامتر تاخیر در پرداخت حقوق، (د) پارامتر نسبت حقوق به کار، (و) پارامتر نرخ صحیح انجام کار

## ۶- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر یک مدل ارزیابی اثر ایجاد انگیزه در منابع انسانی و بهبود وضعیت بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساختمانی پیشنهاد گردیده است. مدل پیشنهادی با استفاده از روش پویایی سیستم (SD) برای تعیین اثرگذاری عوامل انگیزشی منابع انسانی با در نظر گرفتن ساختار پیچیده و مرتبط عوامل مؤثر بر بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور پس از شناسایی پارامترهای مؤثر بر فرآیند تحقیق با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از مطالعات میدانی و پیمایشی مبتنی بر ابزار مصاحبه ساختار یافته و پرسشنامه، اقدام به مدلسازی کیفی و کمی پارامترها نرم‌افزار Vensim شد. در ادامه براساس سناریوهای تعریف

شده برای بررسی تغییر پارامترهای شناسایی شده، شبیه‌سازی اثر پارامترها بر بهره‌وری زمانی و روند تکمیل یک پروژه ساختمانی واقعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از مدلسازی‌های پویای صورت گرفته در تحقیق حاضر به‌طور خلاصه به شرح زیر قابل بیان است:

۱. چنانچه افزایش ۵۰٪ انگیزه نیروی انسانی در پروژه بوجود آید نرخ صحیح انجام کار تا ۳ برابر نیز افزایش یافته و پروژه در زمان ۶۹۰ روز و ۳۰ روز کمتر از زمان تعیین شده به پایان می‌رسد. همچنین نتایج نشان داد کاهش ۵۰٪ حقوق سبب افزایش بوجود آمدن تاخیر حدود یک سال در تکمیل پروژه و افزایش ۲۰٪ تاخیر در پرداخت حقوق منجر به افزایش تکمیل پروژه تا ۴ ماه و افزایش پارامتر نسبت حقوق به کار تا ۲ برابر سبب کاهش ۵ ماه از تکمیل پروژه خواهد شد.
۲. مدل SD پیشنهادی در تحقیق حاضر به‌طور رضایت‌بخشی ماهیت پویای عوامل تأثیرگذار بر انگیزش منابع انسانی را در طول دوره پروژه توضیح می‌دهد که از فرآیندهای بازخورد پویا ناشی می‌شود. انعطاف‌پذیری و استحکام مدل پویایی سیستم معرفی شده در شبیه‌سازی تاثیر تغییر انگیزه نیروی انسانی در یک پروژه ساخت می‌تواند به تعیین دلایل اصلی بهره‌وری و پیشرفت و تکمیل یک پروژه ساختمانی منجر شود.
۳. اعتبار مدل پیشنهادی در شبیه‌سازی عوامل موثر بر انگیزش منابع انسانی تیم پیمانکار بر بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساختمانی با مطالعه موردی در یک پروژه اداری- تجاری با استفاده از آزمون‌های کفایت مرزی، ارزیابی حساسیت ساختاری، ثبات ابعادی و شرایط حدی بررسی شد که نتایج نشان داد سطح انگیزه نیروی انسانی یک پروژه ساختمانی با استفاده از مدل پویایی سیستم پیشنهادی با در نظر گرفتن اثرات مستقیم و غیرمستقیم عوامل انگیزشی همه عوامل مؤثر قابل پیش‌بینی است.
۴. مدل پیشنهادی در تحقیق حاضر از توانایی بالایی برای شبیه‌سازی اثرگذاری انگیزش منابع انسانی و بهره‌وری زمانی پروژه‌های ساخت برخوردار می‌باشد. مدل پیشنهادی، پیمانکاران و مدیران پروژه را قادر می‌سازد تا عملکرد بهره‌وری و همچنین سازگاری عوامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی را در طول فعالیت کاری و قبل از شروع پروژه ارزیابی نمایند. از همین رو، با شناسایی مهمترین دلایل موثر بر انگیزش، امکان بهبود بهره‌وری زمانی پروژه‌ها تسهیل می‌گردد. علی‌رغم کارایی مدل پیشنهادی در تحقیق حاضر، انجام مطالعاتی درخصوص تعیین اثرگذاری عوامل موثر بر انگیزش پروژه‌های ساخت و ساز بر مؤلفه‌های کلیدی عملکرد بهره‌وری پروژه‌های ساخت (یعنی زمان، هزینه، کیفیت و ایمنی) پروژه به‌عنوان تحقیقات آتی قابل پیشنهاد است.

### پیوست (برخی از معادلات به کار رفته جهت تعیین روابط بین پارامترهای موثر بر فرآیند تحقیق)

- ✓  $\text{remained works} = \text{rework discovering rate} - \text{completion rate with error} - \text{correctly Completion Rate}$
- ✓  $\text{work pressure} = (\text{delay effect}(\text{predict of remain projection time})) * ((\text{needed workers} + \text{overtime working}) / \text{Number of available workers})$
- ✓  $\text{overtime working} = \text{predict of remain projection time} / (100 * \text{Max Overtime per personel} * \text{Number of available workers}) * \text{IF THEN ELSE}(\text{remained works} < 1, 0, 1)$
- ✓  $\text{delay effect} = [(0,0) - (1000,1)], (0,0.644737), (100,0.649123), (1000,1)$
- ✓  $\text{needed workers} = \text{total works} / \text{Number of Task Per Person}$
- ✓  $\text{predict of remain projection time} = \max(0, (\text{remained works}) / (\text{correctly Completion Rate}))$
- ✓  $\text{rework discovering rate} = \text{Undiscovered Rework} / \text{normal time to discovering rework}$
- ✓  $\text{completion rate with error} = \max(0, \text{desired rate of construction} * (1 - \text{productivity})) * \text{IF THEN ELSE}(\text{remained works} > 0.5, 1, 0)$
- ✓  $\text{Undiscovered Rework} = \text{completion rate with error} - \text{rework discovering rate}$
- ✓  $\text{desired rate of construction} = \text{total works} / \text{initial project duration}$
- ✓  $\text{correctly Completion Rate} = (\text{IF THEN ELSE}(\text{remained works} > 0.5, \max(0, \text{desired rate of construction} * (\text{productivity})), 0.01)) * 1$
- ✓  $\text{progress rate} = 1 - \text{remained works} / \text{total works}$
- ✓  $\text{productivity} = \text{DELAY II}((\text{Motivation} + 0.89) / 2, \text{Delay time}, \text{Initial Value of Productivity})$
- ✓  $\text{Motivation} = (\text{Salary} * \text{Insurance} * \text{social factors} * \text{Safety} * (\text{Portion of salary and work}) * \text{Educating personel})$
- ✓  $* ((1 + \text{Normal delay time for paying fees}) / (1 + \text{delay in paying personels fee})) * \text{overtime working} / \text{work pressure}$

- ✓ social factors= Develop the needs of employees\*Existence of a coherent work plan\*Increase sense of responsibility\*Job promotion\*working conditions\*Workplace health
- ✓ Desired Progress rate=  $[(0,0)-(850,1)],(0,0),(850,1)$
- ✓ "Finance of contractor (Income-costs)"=  $(\text{progress rate}-\text{Desired Progress rate}(\text{Time}))$
- ✓ delay in paying personels fee=  $((\max(0,10*30*(-\text{"Finance of contractor (Income-costs)"}))+\text{Contractor delay}))/30)*1$
- ✓ Job promotion= Opportunity for development and progress\*Possibility of job growth

## مراجع

- [1] Hewage, K.N., and Ruwanpura, J.Y. (2006). Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta, *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(8), 1075–1089.
- [2] Maloney, W.F., and McFillen, J.M. (1987). Motivational impact of work crews, *Journal of Construction Engineering and Management*, 113(2), 208–221.
- [3] Laufer, A., and Borcherding, J.D. (1981). Financial incentives to raise productivity, *Journal of the Construction Division*, 107(4), 745–756.
- [4] Borcherding, J.D. (1976). Improving productivity in industrial construction, *ASCE Journal of the Construction Division*, 102(4), 599–614.
- [5] Schrader, C.R. (1972). Motivation of construction craftsmen, *Journal of the Construction Division*, 98(2), 257–273.
- [6] Robbins, S.P. (1993). *Organizational Behavior: A Managerial and Organizational Perspective: Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.*
- [7] Parker, S.L., Dawson, N., Van den Broeck, A., Sonnentag, S., and Neal, A. (2021). Employee motivation profiles, energy levels, and approaches to sustaining energy: A two-wave latent-profile analysis, *Journal of Vocational Behavior*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2021.103659>.
- [8] VanderHauwaert, E., Hoozée, S., Maussen, S., and Bruggeman, W. (2021). The impact of enabling performance measurement on managers' autonomous work motivation and performance, *Management Accounting Research*, ISSN 1044–5005. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2021.100780>.
- [9] Seiler, S., Lent, B., Pinkowska, M., and Pinazza, M. (2012). An integrated model of factors influencing project managers' motivation — Findings from a Swiss Survey, *International Journal of Project Management*, 30(1), 60–72.
- [10] Nasirzadeh, F., & Nojedehi, P. (2013). Dynamic modeling of labor productivity in construction projects. *International journal of project management*, 31(6), 903–911.
- [11] Raudeliūnienė, J., and Meidutė-Kavaliauskienė, I. (2014). Analysis of Factors Motivating Human Resources in Public Sector, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 110, 719–726.
- [12] Eddy, U.M. (2015). Motivation for participation or non-participation in group tasks: A dynamic systems model of task-situated willingness to communicate, *System*, 50, 43–55.
- [13] Belrán, I., Bou-Llusar, J. (2018). Examining the intermediate role of employee abilities, motivation and opportunities to participate in the relationship between HR bundles and employee performance, *BRQ Business Research Quarterly*, 21(2), 99–110.
- [14] Pak, K., Kooij, D.T.A.M., De Lange, A.H., and Van Veldhoven, M.J.P.M. (2019). Human Resource Management and the ability, motivation and opportunity to continue working: A review of quantitative studies, *Human Resource Management Review*, 29(3), 336–352.
- [15] Ramírez García, I., Del Cerro Ramón, S., and Fornells Herrera, A. (2019). The Role of Work Motivation Based on Values in Employee's Retention in the 21st Century, *Management Studies*, 7, 149–156.
- [16] Abbaspour, S., and Dabirian, Sh. (2020). Modeling the dynamics of human resource development in construction projects, *Scientific-Research, Journal of Structural Engineering and Construction*, 7(2), 246–266.
- [17] Carden, L., Kovach, J. V. and Flores, M. (2021). Enhancing human resource management in process improvement projects, *Organizational Dynamics*, 50(2), <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2020.100776>.
- [18] Khairi, M.O. (2021). Factors Motivating Human Resources Management (HRM) in the Public and Private Sectors, *Open Journal of Business and Management*, 9(2), , 688–700.
- [19] Dabirian, S. (2022). Estimating the Effects of Human Resource Motivation on Construction Projects Performance using System Dynamics. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 8(11), 193–210.
- [20] Saadat, A. (2010). *Human Resources Management*, 15<sup>th</sup> Edition, Samat Publications.
- [21] Guillén, L., Mayo, M., and Korotov, K., (2015). Is leadership a part of me? A leader identity approach to understanding the motivation to lead, *The Leadership Quarterly*, 26(5), 802–820.
- [22] Barati, M. (2015). Review and prioritization of factors affecting employee motivation in the construction industry, *the second national conference on construction and project management*, Tehran, IRAN.
- [23] Olotuah, O. (2006). Impact of motivation on workers' productivity in the Nigerian construction industry, *Association of Researchers in Construction Management*, ARCOM 2006 – Proceedings of 22<sup>nd</sup> Annual ARCOM Conference.
- [24] Larsson, J., Eriksson, P. E. and Pesämaa, O. (2018). The importance of hard project management and team motivation

- for construction project performance, *International Journal of Managing Projects in Business*, 11(2), 22–33.
- [25] Jarkas, A.M., and Radosavljevic, M. (2012). Motivational factors impacting the productivity of construction master craftsmen in Kuwait. *Journal of Management in Engineering*, 29(4), 446–454.
- [26] Johari, S., and Jha, K.N. (2020). Impact of work motivation on construction labor productivity, *Journal of Management in Engineering*. 36(5), 04020052.
- [27] Mawdesley, M.J., and Al-Jibouri, S. (2009). Modelling construction project productivity using systems dynamics approach, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59(1), 18–36.
- [28] Forrester, J.W. (1997). Industrial dynamics, *Journal of the Operational Research Society*, 48(10), 1037–1041.
- [29] Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. New York, NY: Irwin/McGraw-Hill.
- [30] Lo, W., Lin, C.L. and Yan, M.R. (2007). Contractor's opportunistic bidding behavior and equilibrium price level in the construction market. *Journal of construction engineering and management*, 133(6), 409–416
- [31] Ford, D.N. and Sterman, J.D. (1998). Dynamic modeling of product development processes, *System Dynamics Review*, 14(1), 31–68.
- [32] Love, P.E., Mandal, P., and Li, H. (1999). Determining the causal structure of rework influences in construction *Construction Management & Economics*, 17(4), 505–514.
- [33] Lyneis, J.M., Cooper, K.G. and Els, S.A. (2001). Strategic management of complex projects: a case study using system dynamics, *System Dynamics Review*, 17(3), 237–260.
- [34] Williams, T.M., (2000). Safety regulation changes during projects: the use of system dynamics to quantify the effects of change, *International Journal of Project Management*, 18(1), 23–31.
- [35] Eden, C., Williams, T., Ackermann, F., and Howick, S. (2000). The role of feedback dynamics in disruption and delay on the nature of disruption and delay (D&D) in major projects. *Journal of the Operational Research Society*, 51(3), 291–300.
- [36] Ford, D.N., Anderson, S.D., Damron, A.J., de Las Casas, R., Gokien, N. and Kuennen, S.T. (2004). Managing constructibility reviews to reduce highway project durations, *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(1), 33–42.
- [37] Ogunlana, S.O., Li, H., and Sukhera, F.A. (2003). System dynamics approach to exploring performance enhancement in a construction organization, *Journal of construction engineering and management*, 129(5), 528–536.
- [38] Zhao, W., Ren, H. and Rotter, V. (2011). A system dynamics model for evaluating the alternative of type in construction and demolition waste recycling center – The case of Chongqing, China. *Resources, conservation and recycling*, 55(11), 933–944.
- [39] Kirkwood, C. (1995). *V.T. Department of Decision and Information Systems*, Arizona State University.