

Estimating the Effects of Workforce Motivation on Construction Projects Performance using System Dynamics

Shahin Dabirian*

1- Assistant Professor in Construction Engineering and Management, Faculty of Architecture, Urban Design and Industrial Design, Dept. of Architecture, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

ABSTRACT

Although advanced technologies have been emerged in construction projects, this industry is still mostly based on human resources. Motivation is known as one of the most important factors affecting labor productivity in construction projects which has a considerable effect on project performance. The aim of this research is to estimate the effects of labor motivation on construction projects performance using system dynamic (SD). In this research, the most important factors affecting the workforce motivation of construction projects have been identified in the first step. Then, using system dynamics (SD), a dynamic model of labor motivation in construction projects has been developed. In order to validate the model, the necessary information of developed model has been collected for a housing project. Based on the real case for validating the model, the paper discusses the potential benefits of the model, including: having a systematic and holistic view, considering dynamic the workflow and workforce motivation, identifying alternative strategies for performance improvement and simulating the reality of the projects in a virtual model. The presented model is capable of predicting the effects of motivation on labor productivity and project performance. Using this model, the necessary planning can be done to enhance the labor motivation before any action. Also, the necessary decision can be made to improve project performance in any stage of construction projects.

ARTICLE INFO

Receive Date: 25 July 2020

Revise Date: 11 May 2021

Accept Date: 25 May 2021

Keywords:

Motivation

Human Resource Management

Construction Projects

Simulation

System Dynamics

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2021.236632.2179>

*Corresponding author: Shahin Dabirian

Email address: sh.dabirian@aui.ac.ir

پیش بینی اثر انگیزش نیروی انسانی بر عملکرد پروژه های ساخت با استفاده از رویکرد

پویایی سیستم

شاهین دبیریان*

۱- دکتری مهندسی و مدیریت ساخت، استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

انگیزش یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر بهره وری نیروی انسانی در پروژه های ساخت است به گونه ای که افزایش و کاهش آن می تواند عملکرد پروژه را تا حد قابل توجهی بهبود دهد یا با افت روبرو سازد. با وجود گام برداشتن صنعت ساخت در مسیر استفاده از تکنولوژی های پیشرفته، اما همچنان منابع انسانی یکی از ستون های اصلی این صنعت بشمار می آید. از این رو، ضرورت دارد به ارتباطات، انگیزش و زیر عوامل موثر در آن اهتمام لازم ورزید. هدف از تحقیق پیش رو پیش بینی اثر انگیزش نیروی انسانی بر عملکرد پروژه های ساخت با استفاده از رویکرد پویایی سیستم است. برای این هدف ابتدا مهمترین عوامل موثر بر انگیزش منابع انسانی پروژه های ساخت شناسایی شده اند سپس با استفاده از روش پویایی سیستمی مدل پویا انگیزش منابع انسانی پروژه های ساخت توسعه داده شده است. بدین طریق امکان شبیه سازی و تخمین اثر انگیزش بر عملکرد پروژه های ساخت فراهم گردیده است. جهت اعتبارسنجی، اطلاعات لازم مدل شبیه ساز توسعه داده شده، برای یک پروژه مسکن جمع آوری شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد با دو برابر کردن میزان انگیزش نیروی کار، زمان پروژه تا حدود نصف و هزینه پروژه به میزان ۲۵٪ کاهش یافته است. با استفاده از مدل شبیه ساز، می توان اثر انگیزش بر بهره وری نیروی انسانی و عملکرد پروژه را پیش بینی و ارزیابی نمود. نهایتاً، با استفاده از این مدل می توان برنامه ریزی لازم را جهت افزایش انگیزش نیروی انسانی، قبل و در حین اجرای پروژه انجام داد و سیاست های لازم را جهت بهبود عملکرد آن را اعمال نمود.

کلمات کلیدی: انگیزش منابع انسانی، پروژه های ساخت، پویایی سیستمی، شبیه سازی، عملکرد پروژه

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:			
https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2021.236632.2179	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
doi: 10.22065/jsce.2021.236632.2179	۱۴۰۰/۱۱/۳۰	۱۴۰۰/۰۳/۰۴	۱۴۰۰/۰۳/۰۴	۱۴۰۰/۰۲/۲۱	۱۳۹۹/۰۵/۰۴
شاهین دبیریان sh.dabirian@aui.ac.ir				*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی:	

۱- مقدمه

با وجود پیشرفت های تکنولوژیکی و فراوانی مواد ساخت و ساز، ابزار و امکانات مالی در دسترس پیمانکاران داخلی، همچنان پروژه های ساخت با افزایش هزینه ها و مدت تکمیل پروژه ها روبرو می شوند. در واقع پروژه های ساخت همواره در معرض افت بهره وری و کاهش عملکرد قرار دارند. از آنجا که انگیزش منابع انسانی بر بهره وری و عملکرد پروژه های ساخت تاثیر بسزایی دارد بنابراین می توان ادعا نمود موفقیت در بهبود عملکرد پروژه های ساخت در گرو داشتن بینشی دقیق از نیازهای کاری، نیازهای افراد و فهم به کارگیری نیروی انسانی توسط سرپرستان و مدیران است [۱].

تاکنون تعاریف مختلفی از انگیزش ارائه شده است. به طور کلی می توان گفت انگیزش یک حالت درونی است که رفتار افراد را در راستای اهداف تقویت و هدایت می کند می دهد. محققینی همچون مازلو، هرزبرگ و امکلند ادعا نموده اند که انگیزه های منابع انسانی بر پایه نیازها و خواسته ها هستند و انسان برای ارضای آنها تلاش می کند [۱-۳]. در بیشتر تعاریف در تئوری های انگیزش، انگیزش بعنوان نیروی محرک برای تشویق فیزیکی و روحی افراد به منظور دنبال کردن یک یا چندین هدف جهت برآورده کردن نیازها و انتظاراتشان تعریف شده است [۴]. در اکثر کشورها هزینه نیروی کار ۳۰-۵۰٪ هزینه کل پروژه است. تحقیقات انجام شده نشان می دهند که بهره وری ساخت عمدتاً به تلاشها و عملکرد نیروی انسانی وابسته است [۵]. همچنین کارگرانی که به اندازه کافی انگیزه نداده شده اند، نسبت به کار بی میل و بی اشتیاق خواهند بود [۶]. پس از آنجاییکه نیروی کار مسئولیت مستقیمی نسبت به انجام کارها دارند، انگیزش مناسب برای بیشینه کردن بهره وری آنها ضروریست. هدف از این تحقیق ارائه یک مدل پویا از انگیزش منابع انسانی ساخت است به گونه ای که بتوان اثر انگیزش نیروی کار را بر بهره وری نیروی انسانی و عملکرد پروژه در یک محیط پویا، شبیه سازی و ارزیابی نمود.

توجه مدیریتی به نقش انگیزش در کار، پدیده بسیار تازه ای محسوب می گردد. پیش از انقلاب صنعتی، عمدتاً انگیزش به شکل ترس از جریمه های مادی، تنبیه بدنی، مالی و اجتماعی جریان داشت. در واقع، نوعی روابط خشک و بسیار دقیق بین نیروی کار و کارفرمایان حاکم بود که نتیجه پایانی چنین شیوه های مدیریتی چیزی بود که آن را در اصطلاح الگوی سنتی انگیزش نام نهادند به گونه ای که جنبه نظری مدیریت علمی به عنوان حلقه پیوند مدیریت با کارگران برای سودرسانی به هردو آن ها معرفی شد [۷]. در سال های بعد از آن، نظریه های دیگری بیان شد که به طور کلی می توان آنها را به ۲ دسته کلی تقسیم نمود: دسته اول: نیازها، که شامل تئوری های سلسله نیازهای مازلو، بهداشت - انگیزش هرزبرگ، X و Y گرجور و Z اوچی [۲،۳،۸،۹]، رویکردهایی برپایه نیازها هستند و تمرکزشان بر عوامل انگیزشی در هدایت نیروی انسانی به سمت اجرای کار با کیفیت و بهره وری مطلوب است. دسته دوم: فرآیندها، که شامل تئوری های وروم و لالر و لاتم هستند که انگیزش را به رفتار کاری مطلوب تعبیر کرده اند [۱۱-۱۳]. طی سال های گذشته تحقیقات زیادی بر روی انگیزش افراد به صورت کلی [۲،۳،۸،۱۰] و به صورت خاص در صنعت ساخت [۱۴-۱۸] انجام شده است. منسفیلد و اوده در سال ۱۹۹۱ عوامل تاثیرگذار انگیزش بر پروژه های ساخت را بررسی کردند که نتایج این تحقیق نشان می دهد طرز برخورد با نیروی کار، تقدیر از تلاش آنها، پول، وجود فرصتهای ارتقاء و پیشرفت شغلی، مشارکت در تصمیم گیری و روابط اجتماعی محل کار از مهمترین عوامل انگیزشی موثر در پروژه های ساخت به شمار می روند [۱۷]. در تحقیقی دیگر که توسط توماس و همکاران در ۲۰۰۴ انجام شد، با استفاده از پرسشنامه، دوباره کاری، شلوغی نواحی کاری، روابط کاری، در دسترس بودن ابزار و تاخیرات بازرسی بعنوان مهمترین عوامل موثر ایجاد بی انگیزگی بر بهره وری پروژه های عمرانی شناسایی شده اند [۱۹]. جارکاس و میلان در ۲۰۱۲ با جمع آوری داده ها از پرسشنامه مهمترین عوامل انگیزشی موثر بر بهره وری استادکاران صنعت ساخت کشور کویت را شناسایی و رتبه بندی نمودند که مطابق با آن تاخیر در پرداخت دستمزد، دوباره کاری، فقدان مشوق های مالی و درخواست های تغییر نقشه ها در حین اجرا بعنوان مهمترین عوامل انگیزشی در استادکاران شناسایی شدند [۱]. در تحقیق صورت گرفته در سال ۲۰۱۸ اهمیت انگیزش تیم کاری جهت بهبود فرآیند عملکردی در پروژه های ساخت کشور سوئد مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۸]. نتایج تحقیق مذکور بیان گر اهمیت توجه مدیران به تلاش های تیم های کاری آنها و ارتقاء انگیزش فردی و گروهی آنها جهت دستیابی به اهداف عملکردی پروژه ها است. در مقاله منتشر شده توسط جوهری و جاها در سال ۲۰۲۰، روابط و اثرات بین انگیزش و بهره وری با استفاده از روش رگرسیون غیرخطی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق مذکور نشان

می دهد با افزایش انگیزش نیروی انسانی بهره وری و احتمال ماندگاری و عدم جا به جایی نیروهای کاری افزایش می یابد. اصلی ترین یافته تحقیق، عدم تاثیر گذاري قابل توجه عوامل انگیزشی درونی افراد و تاثیر گذاري بالا عوامل انگیزشی بیرونی همچون مشوق های مالی است [۲۰].

هم چنین تاکنون چندین تحقیق بر روی بهره وری نیروی کار ساخت با روش پویایی سیستمی انجام شده است اما نقش انگیزش در این تحقیقات به عنوان یک عامل کلیدی و تعیین کننده لحاظ نشده است. بعنوان مثال در تحقیق انجام شده توسط پرچمی در سال ۲۰۲۰، انگیزش بعنوان یکی از عوامل موثر بر بهره وری نیروی کار پروژه های ساخت با مدلسازی پویایی سیستم در نظر گرفته شده است که تاثیر بسزایی بر عملکرد پروژه های ساخت دارد [۲۱]. بطور خلاصه با مروری بر تحقیقات انجام شده پیشین در مورد انگیزش نیروی کار ساخت می توان دید که در تمامی آنها معایب و مشکلاتی به شرح زیر وجود دارد:

- تنها به شناسایی و رتبه بندی عوامل انگیزشی موثر بر بهره وری نیروی کار بسنده شده است و میزان تاثیر عوامل مختلف به صورت همزمان بررسی نشده است.

- تعاملات پیچیده موجود بین کلیه عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار ساخت و اندرکنش بین آنها بررسی نشده است که در این تحقیق جهت رفع این مشکل روش پویایی سیستمی به کار گرفته شده است.

- تحقیقات انجام شده قبلی در این حوزه به صورت استاتیک بوده و تغییرات عوامل موثر بر انگیزش در طول زمان بررسی نشده است.

- در معدود تحقیقات انجام شده بر روی بهره وری نیروی کار پروژه های ساخت با روش پویایی سیستمی، انگیزش منابع انسانی به عنوان یک متغیر اصلی و کلیدی در نظر گرفته نشده است.

- با توجه به عدم لحاظ همزمان عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار ساخت، تغییرات انگیزش و نتایج آن بر روی بهره وری و اهداف هزینه ای و زمانی پروژه به درستی ارزیابی و پیش بینی نشده است.

۲- روش تحقیق

پویایی سیستم، یک روش شبیه ساز بازخوردی شی گرا، دقیق و کارا برای حل مسائل پیچیده مدیریتی، صنعتی و اجتماعی است. این روش قادر است سیستم های پیچیده را با در نظر گرفتن کلیه ی عوامل موثر در آن شبیه سازی کند [۲۲]. سیستم های پویا به طور کلی سیستم هایی هستند که تعاملات بین عوامل موثر را در طول زمان شبیه سازی می کنند [۲۳]. مدل های بر پایه پویایی سیستم با استفاده از فرآیندهای بازخوردی، درک بهتری از رفتار پویا سیستم ها در طول زمان می دهند. نمودارهای علی - معلولی که نمایانگر ارتباط متغیرهای مدل هستند، در واقع فهم طراحان مدل را بیان می کنند. نمودارهای پویایی سیستم برای فهم ساختار سیستم استفاده می شوند که شامل نمودارهای علی - معلولی و انباشت - جریان می باشند [۲۴]. مراحل ایجاد یک سیستم شبیه سازی با استفاده از روش پویایی سیستم به طور خلاصه به شرح زیر است [۲۴]:

- ۱- تعریف حد و مرزهای مسئله
- ۲- شناسایی متغیرهای کلیدی
- ۳- بیان فرضیه دینامیکی
- ۴- شناسایی حلقه های بازخوردی
- ۵- ترسیم نمودار علی - معلولی
- ۶- ترسیم نمودار انباشت - جریان
- ۷- ارزیابی سیاست ها و سناریو ها
- ۸- بهبود سیاست ها

۳- ساختار مدل

مراحل مختلف شبیه سازی انگیزش منابع انسانی با استفاده از مدل پیشنهادی در این قسمت توضیح داده شده است. شبیه سازی انگیزش منابع انسانی ساخت در ۶ مرحله زیر صورت می پذیرد: شناسایی عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار ساخت، تعیین موثرترین عوامل موثر بر انگیزش، براساس عوامل شناسایی شده و رابطه ی موجود بین آنها، مدل کیفی انگیزش منابع انسانی ساخت با استفاده از حلقه های بازخوردی علت و معلولی ساخته می شود. تعیین روابط پیچیده ی موجود بین عوامل مختلف موثر بر انگیزش توسط روابط ریاضی و مدل سازی کمی انگیزش منابع انسانی ساخت، شبیه سازی و پیش بینی مقدار انگیزش نیروی کار ساخت و انجام آنالیز حساسیت مدل به منظور آشکارسازی میزان اثر هر یک از عوامل موثر بر انگیزش منابع انسانی ساخت. به پیوست، معادلات زیرسیستم فرآیند اجرای کار بعنوان مثال ارائه شده است.

۳-۱) شناسایی و تعیین موثرترین عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار ساخت

در این تحقیق، عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار ساخت با استفاده از مطالعات کتابخانه ای شامل مطالعه مقالات و مرور مطالعات پیشین شناسایی و در ادامه نیز با استفاده از انجام مصاحبه با مدیران و کارشناسان ارشد تعدادی از شرکت های پیمانکاری و همچنین پرسشنامه، این عوامل مجددا بررسی شده اند. در این مطالعه براساس نظرات خبرگان و مطالعات میدانی، مهمترین و موثرترین عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار ساخت تعیین شده اند (جدول ۱).

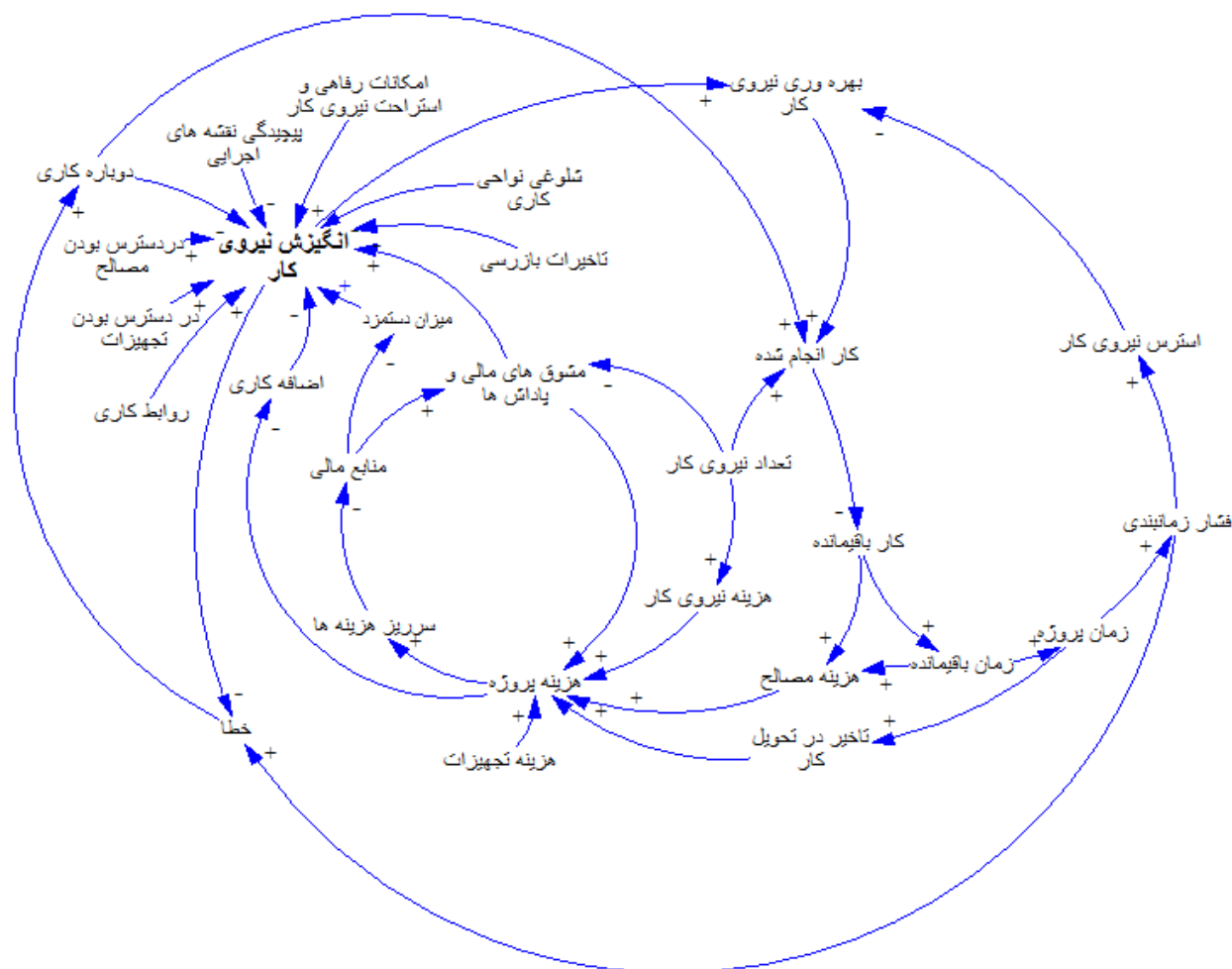
جدول ۱. عوامل موثر بر انگیزش منابع انسانی ساخت

ردیف	فاکتور	مرجع
۱	مشوق های مالی	منسفیلد و اوده (۱۹۹۱) جارکاس (۲۰۱۳)
۲	میزان دستمزد	جارکاس (۲۰۱۳)
۳	دوباره کاری	جارکاس (۲۰۱۳) و منسفیلد و اوده (۱۹۹۱)
۴	در دسترس بودن مصالح	جارکاس (۲۰۱۳)
۵	شلوغی نواحی کاری	منسفیلد و اوده (۱۹۹۱)
۶	روابط کاری	منسفیلد و اوده (۱۹۹۱)
۷	فقدان امکانات رفاهی و استراحت نیروی کار	جارکاس (۲۰۱۳)
۸	تاخیرات بازرسی	جارکاس (۲۰۱۳)
۹	اضافه کاری	جارکاس (۲۰۱۳)
۱۰	پیچیدگی نقشه های اجرایی	جارکاس (۲۰۱۳)

فرضیه ی اصلی پویا مدل انگیزش نیروی انسانی ساخت بر پایه ارتقاء عملکرد پروژه ناشی از ارتقاء انگیزش می باشد. در واقع فرض براین بوده است که با تقویت عوامل انگیزشی و کاهش عوامل ضد انگیزشی، بهره وری پروژه افزایش و شاخص های عملکردی بهبود یابند.

۳-۲) مدل علی - معلولی انگیزش منابع انسانی ساخت

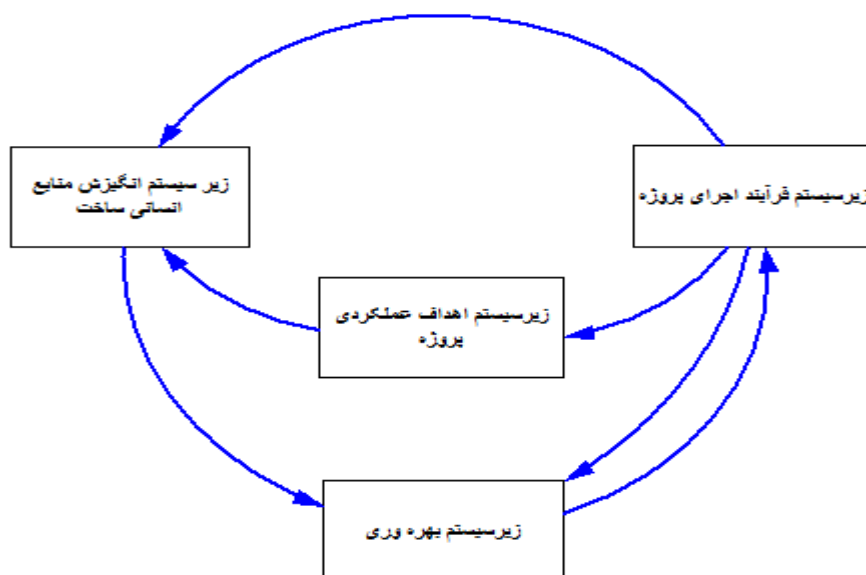
مهم ترین هدف از مدل سازی، کسب دانش در مورد رفتار یک سیستم واقعی است [۲۴]. در واقع مدل سازی، ابزار مناسبی برای بررسی تصمیمات مختلف و مشاهدات و نتایج حاصل از آنها در یک محیط مجازی و پیش از وقوع آنها در دنیای واقعی است. همچنین در مواردی که انجام آزمایش فیزیکی ممکن نباشد و یا آزمایش سیستم های واقعی هزینه ی بالایی داشته باشد (مانند ساخت و عملیاتی کردن نیروگاه های مختلف برای مقایسه هزینه ها)، معمولاً از مدل استفاده می شود [۲۴]. مدل علی - معلولی بیان گر روابط بین متغیرها و بازخورد های ناشی از آن است (پرچمی). در این بخش روابط و تعاملات پیچیده بین عوامل مختلف با استفاده از حلقه های بازخوردی علی - معلولی مدل سازی می شود. عوامل مختلف موثر بر انگیزش منابع انسانی ساخت، به شکل حلقه های متعدد تشدید کننده و یا متعادل کننده، میزان انگیزش منابع انسانی ساخت را تحت تاثیر قرار می دهند به نحوی که برخی عوامل موثر، در طول زمان بر یکدیگر و بر انگیزش نیروی کار اثر افزایشی و تشدید کننده و برخی دیگر اثر کاهشی و یا متعادل کننده دارند.



شکل ۱. نمودار علی - معلولی انگیزش نیروی کار ساخت

مدل علی - معلولی انگیزش نیروی کار ساخت از حلقه های متعادل کننده (B) و تقویت کننده (R) تشکیل شده است. با افزایش انگیزش نیروی کار، بهره وری نیروی انسانی ارتقاء می یابد که باعث افزایش کار انجام شده و کاهش کار باقیمانده خواهد شد. بدین طریق هزینه مصالح مصرفی کاهش و با کاهش هزینه های پروژه، منابع مالی بیشتری جهت تخصیص مشوق های مالی به نیروی کار فراهم می گردد که مجدداً در یک فرآیند تقویت کننده باعث ارتقاء انگیزش و بهره وری نیروی انسانی خواهد شد. با افزایش انگیزش نیروی کار از میزان خطا کاسته خواهد شد که باعث کاهش دوباره کاری و افزایش انگیزش در یک حلقه تقویت کننده می شود. زمانیکه مشوق های مالی افزایش می یابد، هزینه پروژه افزایش و منابع مالی کمتری در اختیار مدیران جهت صرف هزینه در امور انگیزشی می شود که در نهایت منجر به کاهش مشوق های مالی طی یک حلقه متعادل کننده خواهد شد. زمانیکه انگیزش نیروی انسانی زیاد می شود، بهره وری و کار انجام شده افزایش می یابد که باعث کاهش فشار زمانبندی و و استرس نیروی کار می شود که در نهایت بهره وری را ارتقاء می دهد. همانطور که توضیح داده شد مدل علی - معلولی انگیزش نیروی انسانی پروژه های ساخت متشکل از حلقه های بازخوردی تقویت کننده و متعادل کننده است که رفتار سیستم مورد نظر (انگیزش) را به تصویر می کشد.

مطابق با شکل ۱، مدل پویا پیشنهادی دارای عوامل موثر متعدد و نیز تعاملات پیچیده ای بین این عوامل است، بنابراین جهت درک بهتر انگیزش منابع انسانی پروژه های ساخت و اثرات آن بر بهره وری و عملکرد پروژه، مدل موجود به چندین زیر سیستم تقسیم می شود و بدین ترتیب شرایط ساده تری جهت درک آن توسط کاربران ایجاد خواهد شد. در شکل ۲، زیر سیستم های پیشنهادی به همراه نحوه ارتباط بین آنها نشان داده شده است.



شکل ۲. ارتباط بین زیرسیستم های مدل انگیزش نیروی کار ساخت

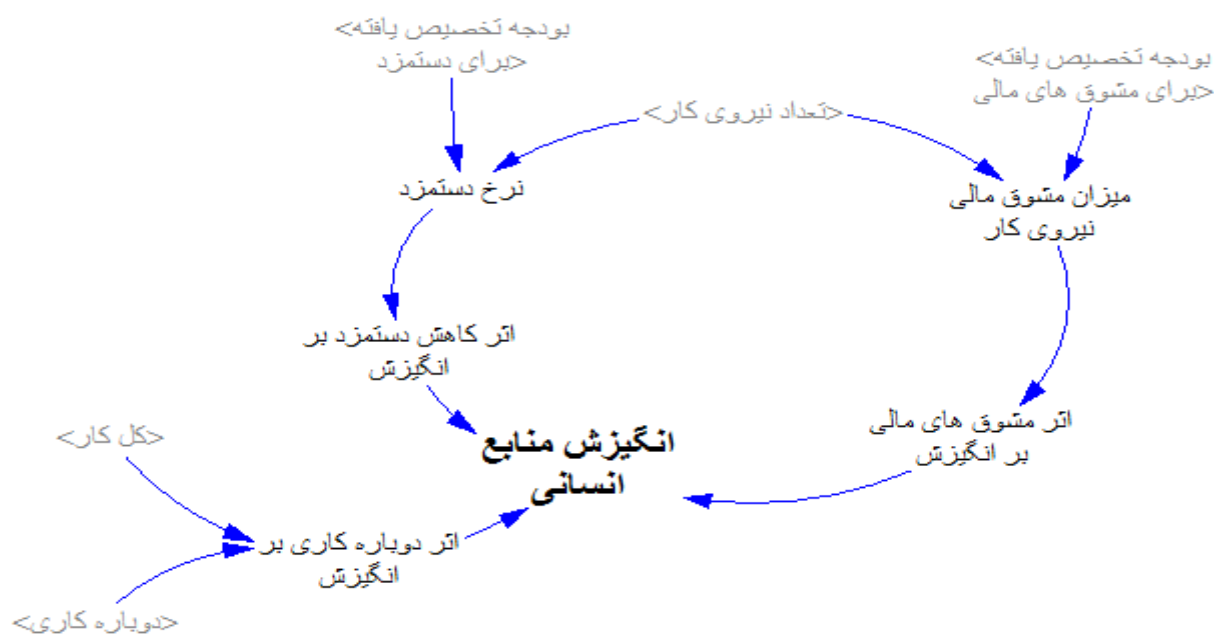
در ادامه، ۳ زیر سیستم فرآیند اجرای پروژه، اهداف عملکردی پروژه و انگیزش منابع انسانی ساخت با جزئیات کامل ارائه شده اند.

۳-۳ مدل کمی انگیزش منابع انسانی پروژه های ساخت

پس از تهیه مدل کیفی انگیزش منابع انسانی، روابط ریاضی بین عوامل اثر گذار در قالب نمودارهای انباشت - جریان تعیین می شوند تا مدل پیشنهادی بتواند به صورت کمی نیز میزان انگیزش منابع انسانی ساخت را به همراه اثرات آن بر بهره وری و عملکرد پروژه شبیه سازی کند. برای کمی سازی مدل پیشنهادی، روابط موجود بین متغیرها به ۲ روش تعیین شده است:

(۱) تعیین روابط منطقی موجود بین متغیرها: این روابط گاهی به صورت فیزیکی و روشن بین اجزاء مدل وجود دارند و می توانند فرموله شوند.

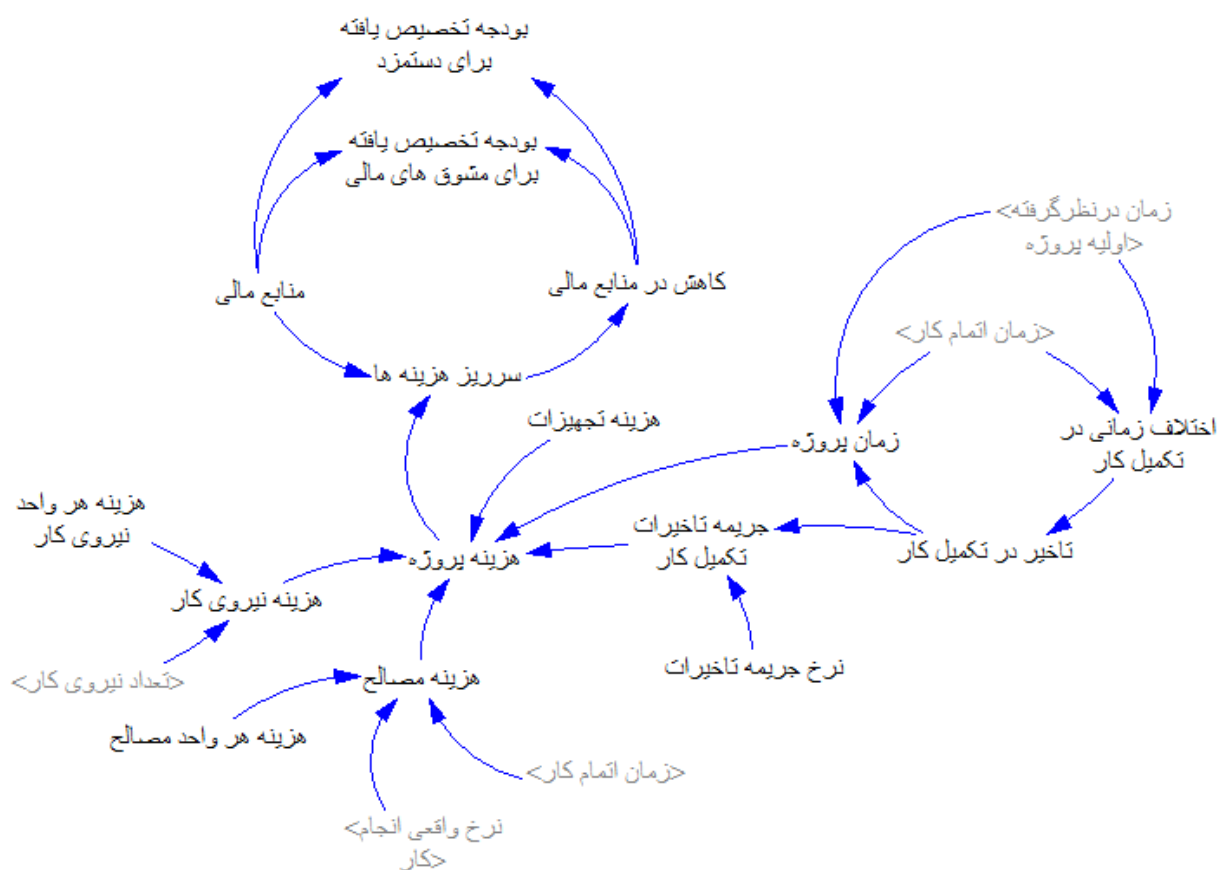
(۲) تعیین روابط بین متغیرها با استفاده از رگرسیون و براساس اطلاعات گذشته: گاهی روابط بین اجزاء مدل روشن نیست و فرموله کردن روابط نیاز به تخمین و انجام بعضی فرضیات به کمک خبرگان، متخصصان باتجربه و یا بررسی داده های مربوط به پروژه های مشابه پیشین دارد. در این حالت که رابطه ی موجود بین عوامل با استفاده از روابط ریاضی به راحتی قابل تعیین نیست، می توان با استفاده از رگرسیون بین داده های تاریخی مربوط به یک یا چند پروژه پیشین، روابط ریاضی بین عوامل اثرگذار را تعیین کرد.



شکل ۴. زیرسیستم انگیزش منابع انسانی ساخت

مطابق با شکل ۴، ۳ عامل مشوق های مالی، میزان دستمزد و دوباره کاری به عنوان مهمترین عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار در این زیرسیستم محسوب می شوند. نرخ مشوق های مالی براساس بودجه تخصیصی برای مشوق ها مالی و تعداد نیروی کار تعیین می شود. سپس با میزان نرمال خود مقایسه می شود و در نهایت اثر آن بر انگیزش نیروی کار بدست آورده می شود. به همین صورت میزان دوباره کاری که از زیر سیستم فرآیند اجرای کار پروژه بدست آمده است با مقدار مجاز دوباره کاری مقایسه می شود که در این صورت می توان میزان تاثیر این عامل را بر انگیزش نیروی کار مشاهده نمود. میزان دستمزد نیز براساس میزان بودجه تخصیص یافته و تعداد نیروی انسانی مشخص می شود. و در ادامه این مقدار با میزان استاندارد خود مقایسه و میزان اثر آن بر انگیزش نیروی کار تعیین می شود. شایان ذکر است که به طور کلی دوباره کاری و کاهش میزان دستمزد بر انگیزش نیروی کار اثر منفی دارند درحالیکه مشوق های مالی جهت افزایش انگیزه نیروی کار ساخت بسیار تاثیر مثبت خواهد داشت.

در این زیرسیستم، باتوجه به فاکتورهای موثر در زمان و هزینه ی پروژه، در هر مرحله از زمان، مدت اجرای پروژه و هزینه های ناشی از کارها در طول پروژه قابل تعیین است (شکل ۵).



شکل ۵. زیرسیستم اهداف عملکردی پروژه

مطابق با شکل ۵، جهت محاسبه زمان کل پروژه، زمان اتمام کار با زمان پیش بینی شده مقایسه شده است که در این صورت تاخیرات پروژه محاسبه می گردد و به ازاء هرروز تاخیر هزینه ای بر پروژه تحمیل خواهد شد. در مدل پیشنهادی، هزینه کل پروژه براساس هزینه تحمیلی ناشی از تاخیرات، هزینه تجهیزات، هزینه منابع انسانی و هزینه مصالح مصرفی محاسبه می شود. در نهایت با مقایسه هزینه کل با منابع مالی، می توان فهمید که آیا بیشتر از بودجه اولیه هزینه شده است. در صورت بالا بودن هزینه ها نسبت به منابع مالی، سرریز هزینه ها رخ می دهد و منجر به کاهش در منابع مالی تخصیص یافته برای مشوق های مالی و دستمزد نیروی انسانی خواهد شد. در این زیر سیستم، بهره وری نیروی انسانی و مهمترین عوامل موثر بر آن مدل سازی شده است.

با استفاده از مدل توسعه داده شده موجود، می توان مقدار انگیزش نیروی کار ساخت را با در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر بر آن در یک محیط پویا و مجازی، پیش از اجرای واقعی پروژه شبیه سازی نمود. هم چنین می توان اثر انگیزش را بر بهره وری نیروی انسانی و نهایتاً عملکرد پروژه بر حسب زمان و هزینه تعیین نمود.

۴- کاربرد مدل در یک پروژه نمونه

به منظور نشان دادن کارایی و قابلیت های مدل پیشنهادی در شبیه سازی و پیش بینی میزان انگیزش منابع انسانی ساخت، این مدل بر روی یک پروژه ی نمونه و برای فعالیت اجرای سرامیک کاری به این شرح پیاده سازی شده است:

تعداد نیروی کار: ۵ نفر

بهره وری نرمال نیروی کار: ۱۵ مترمربع به ازاء هر نفر در هر روز

زمان پیش بینی شده اولیه: ۱۰۰ روز کل کار: ۵۷۶۰ مترمربع منابع مالی: ۱ میلیارد و ۶۰۰ میلیون ریال

جهت مدلسازی و پیش بینی رفتار انگیزش از نرم افزار ونسیم (Vensim PLE 7.2a) استفاده شده است.

۴-۱) پیش بینی میزان انگیزش به ازاء مقادیر مختلف عوامل موثر بر آن

مدل شبیه ساز انگیزش منابع انسانی توسعه داده شده این قابلیت را دارد که میزان انگیزش منابع انسانی ساخت را با توجه به مقادیر عوامل مختلف موثر بر آن در یک محیط مجازی شبیه سازی و مقدار آن را پیش بینی کند. برای این منظور ابتدا مدل علی - معلولی انگیزش منابع انسانی پیشنهادی، با در نظر داشتن کلیه ی عوامل موثر و روابط بین آنها توسعه داده شده و سپس روابط ریاضی موجود بین تمامی متغیرها در محیط نرم افزار شبیه ساز تعریف و مدل کمی شده است. مدل کمی توسعه داده شده قادر است که مقادیر عوامل مختلف موثر بر انگیزش منابع انسانی ساخت را به عنوان ورودی دریافت و میزان بهره وری و عملکرد پروژه بر حسب هزینه و زمان را به عنوان خروجی مدل، شبیه سازی و پیش بینی کند.

در جدول ۲، میزان انگیزش منابع انسانی به ازاء مقادیر مختلفی از فاکتورهای اثرگذار در آن نشان داده شده است.

جدول ۲. پیش بینی میزان انگیزش منابع انسانی ساخت به ازاء مقادیر مختلفی از فاکتورهای اثرگذار

دوباره کاری (مترمربع)	میزان دستمزد (هزار تومان)	مشوق مالی (هزار تومان)	انگیزش
۲۸۸	۱۱۰	۲۰۰	۱
۳۵۰	۱۱۰	۲۰۰	۰٫۹
۲۸۸	۱۱۰	۳۰۰	۱٫۱۶
۲۸۸	۸۰	۲۰۰	۰٫۸۲
۳۵۰	۸۰	۳۰۰	۰٫۸۵

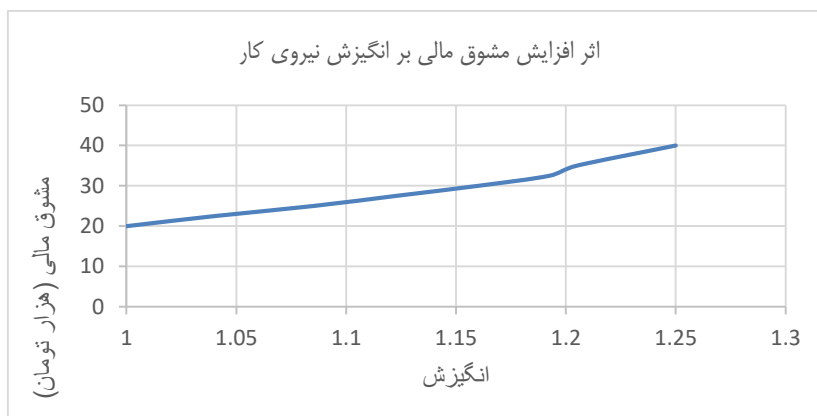
در این تحقیق ۳ عامل مشوق های مالی، میزان دستمزد و دوباره کاری بعنوان سیاست های پایین دستی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. لازم به ذکر است میزان انگیزش نرمال عدد ۱ فرض شده است و در صورت تغییر مقادیر عوامل موثر بر انگیزش، این مقدار نیز تغییر خواهد نمود به گونه ای که اعداد بزرگتر از ۱ نماینگر بالابودن انگیزش نیروی انسانی و اعداد کوچکتر از ۱ نماینگر پایین بودن انگیزش نیروی انسانی نسبت به حالت نرمال است. جهت بررسی میزان تاثیر فاکتورهای مختلف بر انگیزش، میزان تغییر در انگیزش نسبت به حالت نرمال خود (عدد ۱)، به ازاء ۵۰٪ کاهش و افزایش در مقادیر نرمال هر فاکتور در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، بیشترین کاهش در میزان انگیزش مربوط به کاهش سطح دستمزد با مقدار انگیزش ۰٫۷ و بیشترین افزایش در میزان انگیزش مربوط به افزایش مشوق های مالی با مقدار انگیزش ۱٫۱۶ می باشد.

جدول ۳. تغییرات انگیزش به ازاء ۵۰٪ تغییر در فاکتورهای موثر

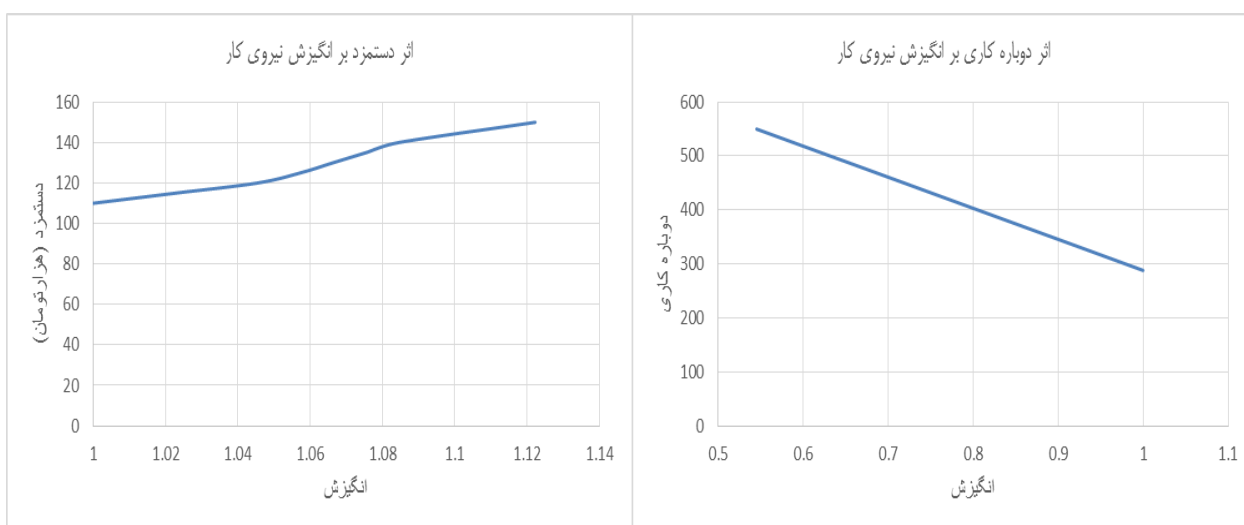
افزایش انگیزش	تغییر در فاکتور موثر	فاکتورهای موثر	ردیف	فاکتورهای موثر	تغییر در فاکتور موثر	کاهش انگیزش
۱,۱۶	۵۰٪ افزایش	مشوق مالی	۱	مشوق مالی	۵۰٪ کاهش	۰,۷۵
۱,۱۲	۵۰٪ افزایش	میزان دستمزد	۲	میزان دستمزد	۵۰٪ کاهش	۰,۷
۱,۰۶۵	۵۰٪ کاهش	دوباره کاری	۳	دوباره کاری	۵۰٪ افزایش	۰,۷۵

۲-۴) بررسی اثر تغییرات انگیزش منابع انسانی ساخت در بهره وری و عملکرد پروژه

با استفاده از مدل شبیه ساز انگیزش توسعه داده شده می توان اثر عوامل موثر بر انگیزش و هم چنین اثر تغییرات انگیزش بر بهره وری و عملکرد پروژه بر حسب هزینه و زمان را شبیه سازی نمود. نمودارهای ۶ و ۷ و ۸ اثر عوامل موثر بر انگیزش را نشان می دهند. در ادامه نیز اثر تغییرات انگیزش بر بهره وری و عملکرد هزینه ای و زمانی پروژه بررسی شده است (شکل ۹ و ۱۰)

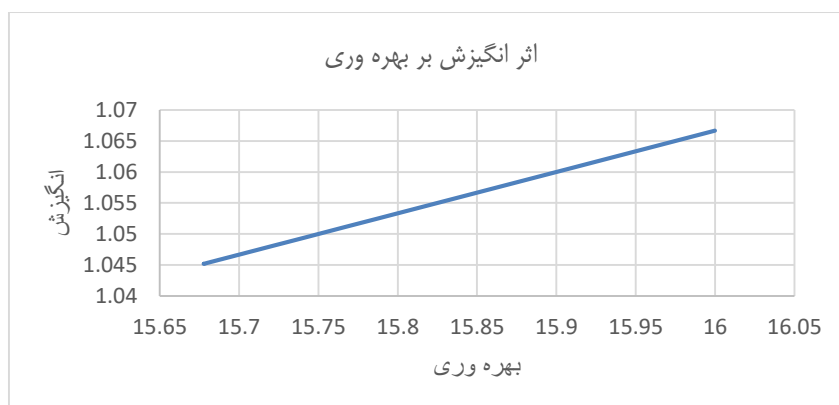


شکل ۶. تغییرات انگیزش در اثر تغییر مشوق مالی

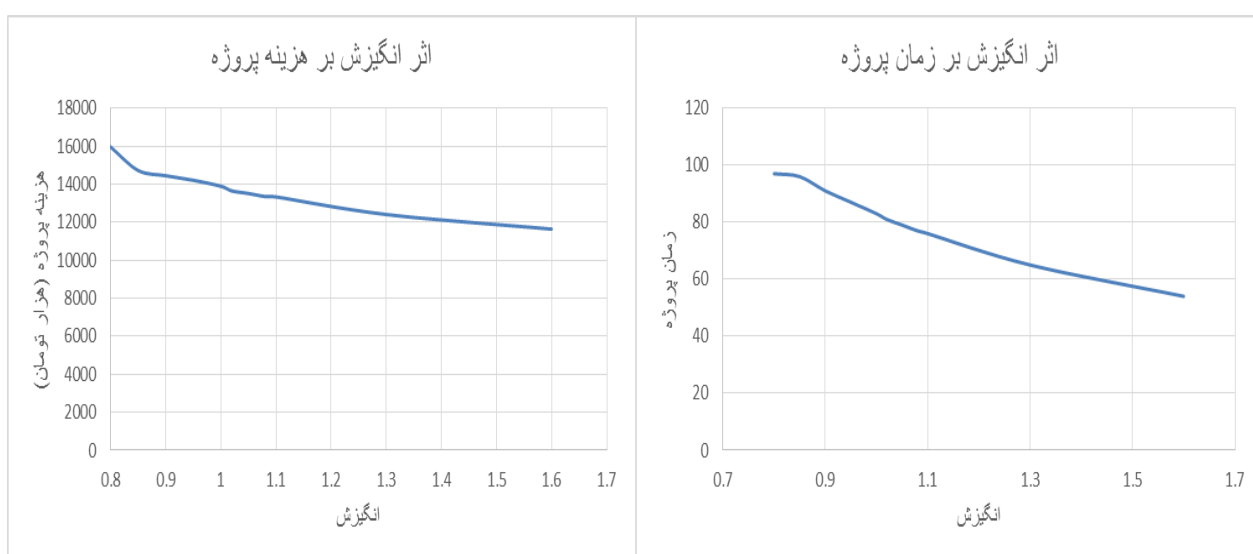


شکل ۷. تغییرات انگیزش در اثر تغییر در دوباره کاری

شکل ۸. تغییرات انگیزش در اثر تغییر در دستمزد



شکل ۹. تغییرات بهره وری در اثر تغییر در انگیزش



شکل ۱۱. تغییرات هزینه پروژه در اثر تغییر در انگیزش

شکل ۱۰. تغییرات زمان پروژه در اثر تغییر در انگیزش

در تحقیقات پیشین مشوق های مالی، میزان دستمزد، دوباره کاری، در دسترس بودن مصالح، شلوغی نواحی کاری، روابط کاری، فقدان امکانات رفاهی و استراحت نیروی کار، تاخیرات بازرسی، اضافه کاری و پیچیدگی نقشه های اجرایی بعنوان مهمترین عوامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی پروژه های ساخت شناخته و رتبه بندی شده اند که در این تحقیق نیز اثر ۳ عامل اول شامل مشوق های مالی، میزان دستمزد و دوباره کاری بر انگیزش نیروی انسانی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. با مشاهده نتایج حاصل شده، مشوق های مالی بعنوان تاثیرگذارترین عامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی در پروژه های ساخت شناخته شده است. مطابق با نمودارهای ۶ و ۷ و ۸ افزایش مشوق های مالی، کاهش دوباره کاری و بالابردن سطح دستمزد منجر به افزایش انگیزش نیروی انسانی خواهد شد. به دنبال آن مطابق با نمودار شکل ۹، با افزایش انگیزش، بهره وری نیروی انسانی افزایش خواهد یافت. بالارفتن میزان بهره وری که ناشی از افزایش انگیزش می باشد، منجر به کوتاه شدن زمان پروژه خواهد شد، به نحوی که مطابق با نمودار ۱۰، با ۲ برابر کردن میزان انگیزش نیروی کار، زمان پروژه تا حدود نصف کاهش می دهد.

از آنجائیکه رابطه ی بین زمان و هزینه پروژه، یک رابطه مستقیم است، در نتیجه به دلیل افزایش انگیزش و کاهش تطویل پروژه، کاهش هزینه ها مورد انتظار است (شکل ۱۱). که در مطالعه موردی تحقیق پیش رو به دنبال ۲ برابر نمودن سطح انگیزش نیروی انسانی پروژه، ۲۵ درصد کاهش هزینه رخ خواهد داد.

به عنوان جمع بندی وهمانطور که در نمودارهای ارائه شده در این بخش ملاحظه می شود، افزایش انگیزش با افزایش بهره وری و کاهش زمان و هزینه پروژه همراه خواهد بود و همچنین کاهش آن منجر به افت بهره وری و افزایش زمان و هزینه پروژه خواهد شد. همچنین در این بخش، با بررسی اثرات مهمترین عوامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی ساخت، ملاحظه شده است که افزایش مشوق های مالی، افزایش سطح دستمزد و کاهش دوباره کاریها موجب افزایش سطح انگیزش خواهند شد که در میان عوامل ذکر شده، با توجه به نمودارهای ۸ و ۷ مشوق های مالی بیشترین اثر را بر انگیزش خواهد گذاشت. بنابراین می توان با مدیریت عوامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی شاهد ارتقاء بهره وری و بهبود شاخص های عملکردی پروژه بود.

۵- اعتبارسنجی مدل

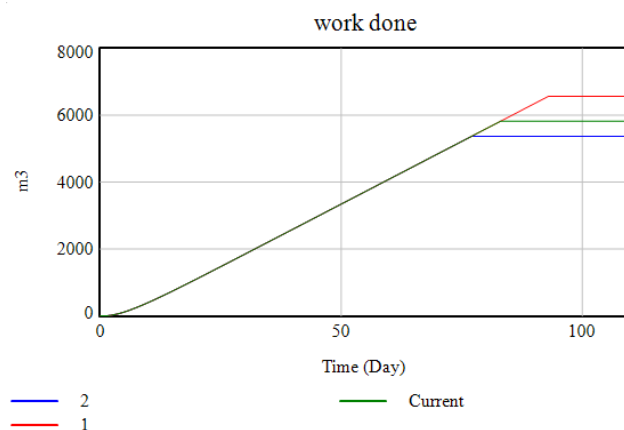
جهت حصول اطمینان از قابل اعتماد بودن یک مدل، باید اعتبارسنجی مدل پیش از به کارگیری آن انجام شود. بدین منظور مجموعه ای از آزمون های اعتبارسنجی استاندارد [۲۴]، جهت حصول اطمینان از صحت نتایج به دست آمده بر روی مدل انجام شده است که در جدول ۳ جزئیات آن ارائه شده است.

جدول ۳. آزمون های اعتبارسنجی مدل توسعه داده شده

ابزار و روش های مورد استفاده در تست مدل	هدف از تست	آزمون
		ساختاری
<ul style="list-style-type: none"> هدف مدل تعیین کننده مرز مدل و متغیر های درون زا، برون زا و مستثنی می باشد - استفاده از نمودار زیر سیستم (به عنوان مثال، شکل شماره ۳) و بازرسی مستقیم از معادلات. اطمینان از وجود بازخورد مهم بالقوه در مدل با استفاده از مصاحبه با اعضای تیم پروژه و مرور بر ادبیات موضوع - نمودار حلقه های علت و معلولی (به عنوان مثال شکل ۱) و نمودار منابع ذخیره و جریان (به عنوان مثال شکل ۳). 	ارزیابی کفایت و هماهنگی مرز مدل با هدف مدل	کفایت مرزبندی
<ul style="list-style-type: none"> نمودار زیر سیستم (به عنوان مثال، شکل ۲) و نمودار منابع ذخیره و جریان (به عنوان مثال، شکل ۳) - برای تعیین هدف مدل نمودار علت و معلولی (به عنوان مثال، شکل ۱) - نشانه تایید اطلاعات استفاده شده در هر تصمیم گیری برای توسعه و ایجاد مدل، انطباق مدل با واقعیت های فیزیکی اصلی همچون قانون بقا و واقع گرای در تصمیم تمرکز شده است - اطمینان از برابر بود کار پذیرفته شده با محدوده اولیه پروژه جلوگیری از مقادیر غیر منطقی - وجود مقادیر منفی برای مخازن همچون کار انجام شده 	ارزیابی سازگاری ساختار و هدف مدل با دانش واقعی و توصیفی سیستم	ارزیابی ساختاری
<ul style="list-style-type: none"> تجزیه و تحلیل واحد ها بوسیله ابزار های ارائه شده توسط برنامه شبیه ساز Vensim (بسته شبیه سازی پویایی سیستم مورد استفاده در این پژوهش) - برای اطمینان از عدم خطا در واحد های متغیرها بازرسی مستقیم از معادلات - اطمینان از سازگاری واحد های متغیر ها در هر معادله با دنیای واقعی و همچنین عدم وجود متغیر های اضافی که در سیستم واقعی مفهوم متناظری ندارد. 	اطمینان از سازگاری واحدی تمامی متغیر ها و مهم تر از آن مطابقت با جهان واقعی	سازگاری واحد ها
<ul style="list-style-type: none"> استفاده از آمارهای رسمی - برای به دست آوردن داده های عددی در دسترس استفاده از قضاوت خبرگان - به عنوان مکمل داده های عددی که در دسترس نیستند 	ارزیابی ارزش هر پارمتر بر حسب معقول بودن آن	ارزیابی پارامتر ها
ابزار و روش های مورد استفاده در تست مدل	هدف از تست	ارزیابی رفتاری

شرایط مرزی	تطابق رفتار مدل با واقعیت بدون توجه به چگونگی اعمال ورودی ها و یا سیاست های اعمال شده بر روی مدل	• اعمال انواع شرایط حدی به مدل که آزمون قدرتمندی برای رفتار مدل می باشد - کاهش نیروی موثر قیمت های مصالح و نیروی کار به صفر و تولید نتایج واقع بینانه از مدل
بازتولید رفتاری	ارزیابی توانایی مدل در تولید رفتار مورد انتظار در سیستم	• مقایسه رفتار تولید شده توسط مدل با رفتار های شناخته شده در واقعیت - ارزیابی توانایی مدل در بازتولید رفتار تاریخی شناخته شده - (به عنوان مثال، منحنی کار انجام شده بصورت منحنی S می باشد، شکل ۱۲)
آنالیز حساسیت	ارزیابی مقاوم بودن رفتار مدل تحت عدم قطعیت ها	• تجزیه و تحلیل حساسیت حالت عددی، رفتاری و سیاست ها - اگر مفروضات مقادیر عددی، الگوهای رفتاری، و اثرات سیاست های ارائه شده تغییر کند، نتایج نیز تغییر می کند

شکل ۱۲ نشان دهنده انجام آزمون آنالیز حساسیت و تأیید صحت مدل توسعه داده شده است.



شکل ۱۲. آزمون آنالیز حساسیت مدل

۶- نتیجه گیری

در این تحقیق، روشی جدید برای مدل سازی و شبیه سازی انگیزش منابع انسانی پروژه های ساخت ارائه شده است، به گونه ای که مشکلات و معایب کارهای گذشته را تا حد زیادی برطرف می کند. جهت مدل سازی انگیزش منابع انسانی، ابتدا مهمترین عوامل تاثیرگذار بر انگیزش شناسایی شده اند سپس با استفاده از رویکرد شبیه سازی پویایی سیستمی، یک مدل علی - معلولی و جریان - انباشت ارائه شده است. مدل توسعه داده شده پیشنهادی قادر است که طبیعت پویا پروژه های ساخت را در نظر گرفته و میزان انگیزش نیروی انسانی را با لحاظ مهم ترین عوامل و متغیرهای اثرگذار شبیه سازی کند. مدل پیشنهادی می تواند با استفاده از حلقه های بازخوردی علی - معلولی، میزان تاثیر کلی هر عامل اثرگذار در میزان انگیزش را با در نظر گرفتن اثرات مستقیم و غیرمستقیم ناشی از آن عامل، در محیطی پویا شبیه سازی و در ادامه، میزان تاثیر انگیزش بر بهره وری و عملکرد پروژه بر حسب زمان و هزینه را پیش بینی نماید. جهت درک بهتر مدل شبیه سازی انگیزش منابع انسانی ارائه شده، مدل پیشنهادی به چندین زیرسیستم شامل: زیرسیستم فرآیند اجرای پروژه، زیرسیستم انگیزش منابع انسانی، زیرسیستم عملکرد پروژه و زیرسیستم بهره وری نیروی انسانی تقسیم شده است. با بررسی نتایج شبیه سازی، مشخص شده است که بیشترین کاهش در میزان انگیزش به علت پایین آمدن سطح دستمزد نیروی کار و بیشترین افزایش در میزان انگیزش به علت افزایش مشوق های مالی رخ خواهد داد. به منظور نشان دادن کارایی و قابلیت های مدل پیشنهادی در شبیه سازی، این مدل بر روی بخشی از پروژه ۱۰۰۰ واحدی گلستان شهر اصفهان پیاده سازی شده و میزان تاثیر فاکتورهای مختلف در انگیزش منابع

انسانی تعیین و هم چنین اثر انگیزش بر بهره وری و اهداف زمانی و هزینه ای پروژه به صورت کمی نشان داده شده است. یکی از مزایای مدل پویایی سیستم ارائه شده انعطاف پذیری آن برای کاربرد در پروژه های مختلف است. در صورتیکه در یک پروژه، متغیرهای جدید دیگری بر انگیزش موثر باشند، می توان به راحتی این عوامل جدید را با استفاده از حلقه های بازخوردی علی - معلولی به مدل موجود اضافه و میزان انگیزش را با در نظر گرفتن آنها تعیین نمود.

پیوست:

برخی از روابط ریاضی زیرسیستم فرآیند اجرای کار ارائه شده است:

Actual Work Rate = IF THEN ELSE(work checked < total work, (amount of workforce * actual workforce productivity), 0)

Work Checked = INTEG (accepting rate + Actual work rate - reexecution rate - work acceptance rate, 0)

Rework = INTEG (reexecution rate - accepting rate, 0)

Work acceptance rate = IF THEN ELSE(work done < total work, (work quality * work checked) / time to work completion, 0)

Work done time = INTEGER(ZIDZ(work done, Actual work rate)) + 1

Work done = INTEG(work acceptance rate, 0)

مراجع

- [1] Abdulaziz M. Jarkas and Milan Radosavljevic. (2012). Motivational Factors Impacting The Productivity of Construction Master Craftsmen in Kuwait. Journal of Management in Engineering (ASCE) ME.1943-5479.0000160
- [2] Maslow AH. (1970). A theory of human motivation. In: Vroom VH, Deci EL, editors. Management and Motivation. Harmondsworth: Penguin Books.
- [3] Herzberg F, Mausner B, Snyderman BB. (1967) the motivation to work. New York: John Wiley and Sons, Inc;
- [4] Lam, S. and Tang, C. (2003). Motivation of Survey Employees in Construction Projects, Journal of Geospatial Engineering, 5(1), 61-66.
- [5] Jarkas, A. (2012). Buildability Factors Influencing Concreting Labour Productivity, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 138(1), 89-97.555.
- [6] Mansfield, N R and Odeh, N S. (1989). 'Motivational factors in construction projects: a review of empirical motivation studies from the US construction industry' Proc. Inst. Civil Eng. - Part I Vo186 pp 461-470.
- [7] Taylor, F.W. (1911). Scientific Management, New York, harper.
- [8] McGregor, D. (1960). The human side of enterprise. New York: McGraw-Hill Book Company.
- [9] Ouchi, W. (1981). Theory Z: How American Business can Meet Japanese Challenge, Addison-Wesley, Reading, MA.
- [10] Laufer A. (1980). Assessment of financial incentive programs for the construction labour force: a delphi analysis. A thesis submitted for the fulfilment of PhD, University of Texas at Austin, Texas.
- [11] Vroom, V. (1964). Work and Motivation, John Wiley, NY.
- [12] Latham, G. and Pinder, C. (2005). Work Motivation Theory and Research at the Dawn of the Twenty-First Century, Annual Review of Psychology, 56(1), 485-516.
- [13] Lawler, E. (1973). Motivation in Work Organization, Books Cole, Monterey, California.
- [14] Schrader CR. Motivation of the construction craftsmen. (1972). Journal of the Construction Division, ASCE; 98(Sept):260.
- [15] Hazeltine, C. (1976). Motivation of Construction Workers, Journal of the Construction Division, ASCE, 102(3), 497-509.
- [16] Borcharding, J. And Oglesby, C. (1974). Construction Productivity and Job Satisfaction, Journal of the Construction Division. ASCE, 100(3), 413-431.

- [17] Mansfield, N R and Odeh, N S. (1991). Issues affecting motivation on construction projects. *International Journal of Project Management*. 0263-7863/91/02009346.
- [18] 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*, <https://doi.org/10.1108/IJMPB-04-2017-0035>
- [19] Thomas, S., Skitmore, M., Lam, K. C and Poon., A. W. C. (2004). Demotivating factors influencing the productivity of civil engineering projects. *International Journal of Project Management* 22 (2004) 139–146.
- [20] Johari, S. and Jha, K.N. (2020). "Impact of Work Motivation on Construction Labor Productivity", *Journal of Mangement in Engineering (ASCE)*. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000824.
- [21] Parchami. (2020). A hybrid framework to model factors affecting construction labour productivity: Case study of Iran
- [22] Rodrigues, A. (1994). The role of system dynamics in project management: A comparative analysis with traditional models", *International System Dynamics Conference*.
- [23] Mawdesley, M.J. and Al-Jibouri, S. (2010). Modelling construction project productivity using systems dynamics approach", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59(1), pp. 18-36.
- [24] Sterman. (2000). *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill, New York, NY, pp. 191– 232.