

## مدلسازی پویایی توسعه منابع انسانی در پروژه های ساخت

سروش عباس پور<sup>۱</sup>، شاهین دبیریان<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خورسگان)، اصفهان، ایران  
۲- دکتری مهندسی و مدیریت ساخت، استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده

توسعه نیروی انسانی یکی از بخش های اساسی مدیریت منابع انسانی در پروژه های ساخت محسوب می شود. به طور کلی، برنامه ریزی در این حوزه شامل برنامه ها جهت استخدام، ارتقاء مهارت های مورد نیاز و توسعه نیروی انسانی می باشد. در عین حال، آموزش و انگیزش بعنوان دو رکن اصلی در توسعه نیروی انسانی به شمار می روند. در تحقیق پیش رو، ابتدا نقش آموزش و انگیزش در توسعه منابع انسانی پروژه های ساخت مورد بررسی قرار گرفته اند. سپس با استفاده از روش پویایی سیستم، مدل علی- معلولی توسعه منابع انسانی ضمن در نظر گرفتن روابط پیچیده مابین عوامل و حلقه های بازخوردی حاصل شده است. هم چنین، ضمن توسعه ساختار حالت- جریان توسعه منابع انسانی پروژه های ساخت، اطلاعات لازم جهت کمی سازی مدل شبیه ساز برای یک پروژه ی انبوه سازی مسکن جمع آوری شده است. با بررسی نتایج حاصل شده مشخص گردید که پیاده سازی سیاست پرداخت مشوق های مالی ۱۲٪ رشد بهره وری را در پی داشته است حال آنکه تاخیر در پرداخت دستمزد نیروی کار بهره وری را با افت ۱۸٪ روبرو نموده است. از طرف دیگر، ارتقاء مهارت نیروی کار به وسیله آموزش در حدود ۲۰٪ در رشد بهره وری موثر بوده است. مدل ارائه شده در این تحقیق، امکان ارزیابی آموزش و انگیزش نیروی انسانی بعنوان دو استراتژی اصلی توسعه منابع انسانی با در نظر گرفتن پویایی های موجود در پروژه را دارد. در نهایت، با استفاده از این مدل می توان اثرات به کارگیری سیاست های توسعه نیروی انسانی را بر عملکرد پروژه از لحاظ زمان بررسی نمود و برنامه ریزی لازم را جهت توسعه منابع انسانی پروژه های ساخت، ارتقاء بهره وری نیروی انسانی و عملکرد پروژه انجام داد.

کلمات کلیدی: مدیریت منابع انسانی، توسعه منابع انسانی، شبیه سازی، پروژه های ساخت، پویایی سیستم

شناسه دیجیتال:	سابقه مقاله:				
	دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ
10.22065/jsce.2018.126318.1508	۱۳۹۷/۰۱/۲۲	۱۳۹۷/۰۵/۰۲	۱۳۹۷/۰۷/۱۰	۱۳۹۹/۰۱/۱۵	۱۳۹۹/۰۱/۱۵
doi: 10.22065/jsce.2018.126318.1508					
*نویسنده مسئول:					شاهین دبیریان
پست الکترونیکی:					sh.dabirian@aui.ac.ir

# Dynamic Modeling of Human Resource Development in Construction Projects

Soroush Abbaspour<sup>1</sup>, Shahin Dabirian<sup>2\*</sup>

1- MSc in Construction Engineering and Management, Islamic Azad University of Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran

2- 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

Human resource development is an essential part of human resource management in construction projects. Generally, planning in this area consist of employment, skills improvement and development of workforces. Meanwhile, human resource development is based on training and motivation. In this paper, the role of training and motivation in human resource management of construction projects is investigated. Next, the Causal Loop Diagram (CLD) of human resource development along with complex relationships between factors is obtained using system dynamics approach. Thereafter, the Stock-Flow Diagram (SFD) of human resources development of construction projects has been developed. The information needed to quantify the simulated model has been gathered for a mass housing project. The archived simulation results demonstrate that implementation of financial incentives results in 12% productivity improvement. Besides, delays in labor payment decreased 18% of productivity. The productivity has been also improved about 20% by applying training policy. The presented model has the potential to evaluate the training and motivation of human resources as two main strategies of human resource development, taking into account the dynamics of the project. Finally, the effect of applying human resources development policies on project performance in terms of time can be evaluated using this model. It is also possible to plan the human resource development of the project and to improve the labor productivity and project performance.

## ARTICLE INFO

**Receive Date:** 11 April 2018

**Revise Date:** 24 July 2018

**Accept Date:** 02 October 2018

### Keywords:

Human Resource  
Management  
Human Resource  
Development  
Simulation  
Construction Projects  
System Dynamics

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/jsce.2018.126318.1508

\*Corresponding author: Shahin Dabirian  
Email address: sh.dabirian@aii.ac.ir

## ۱- مقدمه

به طور کلی به مجموعه فرآیندهای لازم جهت استفاده موثر از نیروهای درگیر در اجرای پروژه مدیریت منابع انسانی گویند. به بیان دیگر مدیریت منابع انسانی عبارتست از رویکردی استراتژیک نسبت به جذب، توسعه، مدیریت، ایجاد انگیزش و دستیابی به تعهد منابع کلیدی سازمان یعنی افرادی که در آن یا برای آن کار می کنند [۱]. همچنین سنزو و روبینز در سال ۱۹۸۸ مدیریت منابع انسانی را فرآیندی شامل چهار وظیفه جذب، توسعه، ایجاد انگیزش و حفظ منابع انسانی توصیف کرده اند [۲].

امروزه صنعت ساخت و ساز بعنوان یکی از پیچیده ترین و پویا ترین صنایع شناخته شده است [۳] [۴]. هزینه های مربوط به نیروی انسانی ۳۰ - ۵۰٪ کل هزینه های پروژه ها در فاز ساخت [۵] و بالای ۴۰٪ هزینه های مستقیم پروژه های بزرگ ساخت را در بر می گیرد [۶]. صنعت ساخت قصد دارد نیروی انسانی را به عنوان بخشی از استراتژی بقا نشان دهد. این استراتژی بر حفظ، آموزش و انگیزش کارکنان به منظور افزایش مهارت آنها یا برسهولت جایگزینی نیروی کار ماهرتر تاکید می نماید. به بیان واضح تر آموزش و انگیزش بعنوان ۲ عامل کلیدی توسعه و ارتقا تیم پروژه در کنار استخدام نیروی کار شایسته و مورد نیاز پروژه از جمله عوامل مدیریت منابع انسانی موثر بر عملکرد پروژه های ساخت هستند. توسعه منابع انسانی شامل معرفی، حذف، اصلاح و هدایت فرآیندهایی است که قادر به تامین دانش و مهارت های لازم تمام افراد و تیم ها جهت انجام وظایف فعلی و مورد نیاز سازمان در آینده باشد [۱]. کسب مهارت های لازم از طریق آموزش نیروی کار بعنوان یکی از سیاست های توسعه نیروی انسانی محقق می شود که ممکن است در محل کار و یا خارج از آن صورت پذیرد. هم چنین انگیزش یکی دیگر از اصلی ترین سیاست های توسعه تیم پروژه جهت انجام موثر وظایف محوله به آنها به شمار می رود [۷]. همانطور که آرمسترانگ و بارن در سال ۲۰۰۲ و سامبورک در سال ۲۰۰۴ بیان نمودند، توسعه منابع انسانی به دلیل ارائه فرصت های یادگیری و توسعه به منظور دستیابی به استراتژی های کسب و کار و بهبود عملکرد سازمانی، تیمی و فردی بایستی مورد توجه قرار گیرد [۸] [۹]. درواقع، یک برنامه توسعه منابع انسانی اثر مستقیمی بر ثروت و بقا یک شرکت در دراز مدت دارد [۱۰]. از این رو، با مدیریت صحیح منابع انسانی که در گرو برنامه ریزی و توسعه صحیح آن است می توان عملکرد پروژه های ساخت را بهبود بخشید. براین اساس بررسی نقش آموزش و انگیزش بعنوان دو استراتژی اصلی توسعه منابع انسانی و اثرات آنها بر عملکرد پروژه های ساخت و ارتقاء بهره وری تمرکز اصلی تحقیق پیش رو است.

پروژه های ساخت دارای ماهیتی پویا هستند. یکی از این پویایی های ذاتی، تغییرات نیروی کار در طول پروژه است [۱۱]. به دلیل نوسانات و تغییرات زیاد نیروی کار، یک پروژه بدون برنامه ریزی موثر قطعاً با کمبود ویا ازدیاد نیروی کار روبرو خواهد شد [۱۲]. توسعه منابع انسانی زمانی می تواند معنا پیدا نماید که نیروی کار موجود در پروژه تا حد ممکن ثابت و دارای کمترین نوسانات ناشی از استخدام و اخراج باشد. بنابراین تخمین دقیق از نیاز به نیروی کار و تخصیص مناسب و به موقع نیروی کار، می تواند بعنوان اولین گام از توسعه نیروی انسانی و پیشرفت پروژه قلمداد شود. حفظ نیروی کار ماهر و باتجربه در کنار آموزش و انگیزش نیروی انسانی موجود، گام بعدی در توسعه منابع انسانی پروژه خواهد بود. نظر به پویا بودن فرآیند اجرای یک پروژه ساخت و تغییرات نیروی کار و لزوم مشاهده بازخوردهای سیاست های توسعه نیروی انسانی مبتنی بر واقعیات یک پروژه در یک محیط مجازی پیش از اقدام عملی، در این تحقیق از روش شبیه ساز پویایی سیستم استفاده شده است تا بتوان اثرات پیاده سازی توسعه منابع انسانی بر عملکرد پروژه های ساخت و بهره وری را به خوبی مشاهده نمود.

تاکنون تحقیقات وسیعی بر روی مفهوم توسعه منابع انسانی از زمان ظهور آن در زمینه ساختارهای سازمانی انجام شده است [۱۳] [۱۴] [۱۵] [۱۶] [۱۷]، اما در مورد کاربرد مفهوم آن در پروژه های ساخت به شایستگی و به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته است.

بعنوان مثال در تحقیق انجام شده در سال ۲۰۱۲ توسط طبعی و همکاران، اثرات پیاده سازی آموزش و انگیزش بر روی ارتقاء تیم پروژه و اجرای فعالیت توسط شرکت های ساخت در ایران بررسی شد [۱۷]. هدف تحقیق ذکر شده یافتن رابطه بین انگیزش و آموزش

نیروی انسانی و عملکرد شرکت های ساخت با استفاده از پرسشنامه و آمار بود که نتایج آن تحقیق وجود رابطه مستقیم بین آموزش و انگیزش تیم پروژه و ارتقاء عملکرد شرکت های ساخت را نشان می داد.

حسینعلی پور و همکاران در سال ۲۰۱۰ طی تحقیقی از طریق پیمایش پرسشنامه ای در بین ۲۸ شرکت ساختمانی در شهر اصفهان، میزان اثربخشی آموزش و انگیزش کارگران صنعت ساخت را بر پروژه های این صنعت مورد کنکاش قرار دادند که لزوم استفاده از نیروی کار ماهر و آموزش نیروی کار صنعت ساخت به منظور افزایش مهارت آنها، افزایش کیفیت ساخت و کاهش هزینه های اضافی و تاخیر در ساخت از جمله از یافته های آنها به شمار می رود [۱۸].

به طور خلاصه در زمینه آموزش نیروی کار ساخت تحقیقاتی در سال های ۲۰۱۰ توسط زیکیلی و آویرام، ۲۰۱۷ توسط فینی و همکاران و ۲۰۱۸ توسط کیگان و همکاران صورت گرفته است که همگی آنها به نقش اساسی آموزش در توسعه نیروی کار ساخت اشاره نمودند [۱۹] [۲۰] [۲۱].

هم چنین انگیزش نیروی انسانی ساخت به طور خاص مورد توجه چندین تحقیق گذشته بوده است به گونه ای که عوامل مختلف اثرگذار بر انگیزش نیروی کار شناسایی شده اند و به نقش انگیزش در ارتقاء بهره وری نیز اشاره شده است. از جمله آنها می توان به تحقیق انجام شده توسط منسیفیلد و اوده در سال ۱۹۹۱، توماس و همکاران در سال ۲۰۰۴، جارکاس و بیتار در سال ۲۰۱۲، وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ و رضایی فر و همکاران در سال ۲۰۱۷ اشاره نمود [۶] [۲۲] [۲۳] [۲۴] [۲۵]. در این تحقیقات از عواملی همچون مشوق های مالی، تاخیر در پرداخت دستمزد، دوباره کاری، روابط کاری، دردسترس بودن ابزار و موارد دیگر بعنوان عوامل موثر بر انگیزش نیروی انسانی ساخت یاد شده است. هم چنین رثوفی و فایک در سال ۲۰۱۸ یک تحقیق جامعی را پیرامون انگیزش نیروی کار ساخت صورت دادند که سه هدف را دنبال می نمود. اول شناسایی جامع مجموعه عوامل موثر بر انگیزش، در وهله دوم، یک روش جدیدی را ارائه نمودند که قادر به شناسایی و اندازه گیری عوامل موثر بر انگیزش نیروی کار باشد و درنهایت مدل قادر به ارزیابی و رتبه بندی عوامل کلیدی در ارتقاء انگیزش نیروی کار نیز باشد [۲۶].

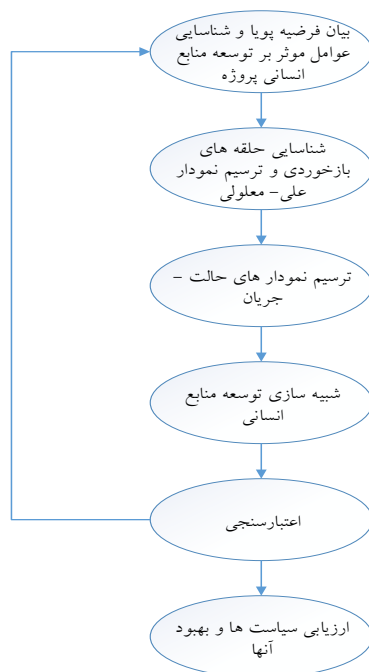
شایان ذکر است تاکنون چندین تحقیق پیرامون مدل سازی برنامه ریزی، آموزش و انگیزش نیروی انسانی ساخت با استفاده از رویکرد پویایی سیستم صورت گرفته است که در ادامه به آن اشاره خواهد شد. کوک در سال ۲۰۰۳ با استفاده از روش پویایی سیستم، تحلیلی را بر روی حادثه معدن وستری که در سال ۱۹۹۲ حادث شده بود صورت داد که در آن روابط غیرخطی و روابط علی - معلولی و چندین زیرسیستم به خوبی نشان داده شد [۲۷]. در زیرسیستم منابع انسانی تحقیق مذکور، تجربه نیروی انسانی بعنوان یکی از بخش های اصلی مورد توجه بوده است به گونه ای که استخدام و اخراج نیروی کار بر افزایش و کاهش تجربه موجود در پروژه تاثیرگذار بوده است. الوانچی و همکاران در سال ۲۰۱۲ مدلی پویا و با استفاده از پویایی سیستم-شبه سازی پیشآمدهای گسسته جهت ارزیابی مهارت نیروی کار در پروژه های ساخت ارائه نمودند [۲۸]. در آن مدل، سیاست های آموزش و استخدام و هزینه های مربوط به آن بعنوان بخشی از سیاست های منابع انسانی جهت کاهش هزینه ها مورد توجه قرار گرفت. درنهایت سینگ و همکاران در سال ۲۰۱۶، مدلی پویا جهت برنامه ریزی بلند مدت منابع انسانی پروژه های زیرساخت ارائه نمودند که در آن آموزش در طول دوره خدمت بعنوان یکی از اصلی ترین سیاست های منابع انسانی در نظر گرفته شد [۲۹]. هم چنین در زمینه شبه سازی انگیزش با استفاده از رویکرد پویایی سیستم، دبیریان و عباس پور در سال ۲۰۱۶ مدلی را ارائه نمودند که تاثیر ۳ عامل مشوق های مالی، کاهش سطح دستمزد و دوباره کاری بر بهره وری و عملکرد پروژه را مقایسه و تحلیل می نمود. در تحقیق ذکر شده، مشوق های مالی بیشترین تاثیر را بر افزایش راندمان نیروی کار و نهایتاً شاخص های عملکردی پروژه داشت [۳۰].

با مطالعه تحقیقات گذشته می توان به نقش اساسی آموزش و انگیزش در توسعه منابع انسانی پروژه های ساخت پی برد حال آنکه در آن تحقیقات یا به صورت مجزا به بررسی سیاست های توسعه منابع انسانی پرداخته شده است و یا با استفاده از ابزارهای آماری صرفاً به اهمیت آن و شناسایی زیرعوامل بسنده شده است. با وجود تلاش ها و توسعه های مختلف در تحقیقات گذشته می توان ادعا نمود

تاکنون مدلی جامع از توسعه منابع انسانی براساس آموزش و انگیزش نیروی انسانی در پروژه های ساخت ارائه نشده است. بنابراین مدل شبیه ساز توسعه داده شده در این تحقیق از یک طرف، به صورت سیستماتیک به مسئله توسعه منابع انسانی نگریسته است و از طرف دیگر مفهوم توسعه منابع انسانی در پروژه های ساخت به صورت جامع تر مدلسازی شده است.

## ۲- روش تحقیق

روش پویایی سیستم ارائه شده توسط فارستر در سال ۱۹۶۱، یک روش جهت مطالعه و مدیریت سیستم های پیچیده و پویا است [۳۱] [۳۲]. در حال حاضر مدل های پویایی سیستم با اکتساب روابط بازخوردی و غیرخطی یک پدیده، به طور گسترده ای در پیش بینی رفتار یک سیستم، مدیریت پیشگیرانه و بهبود عملکرد پروژه مورد استفاده قرار می گیرند [۳۳]. با استفاده از این روش این امکان فراهم شده است تا پویایی های موجود در پروژه با در نظر گرفتن عوامل موثر در آن به صورت دقیق ارزیابی شوند. نمودارهای پویایی سیستم برای فهم ساختار سیستم استفاده می شوند که شامل نمودارهای علی-معلولی و حالت-جریان می باشند [۳۲]. به صورت کلی، مدل های پویایی سیستم از سه بخش تشکیل می شوند: (۱) متغیرهای حالت (انباشت) (۲) متغیرهای جریان و (۳) متغیرهای ثابت و کمکی [۳۴]. متغیرهای حالت رفتار سیستم را نشان می دهند که به عنوان مثال شامل نیروی کار می شود درحالیکه متغیرهای جریان نرخ تغییر سیستم را نشان می دهند مانند نرخ استخدام. هم چنین از متغیر منابع مالی آموزش نیروی کار نیز می توان بعنوان متغیر ثابت نام برد. کارآیی این روش در تحقیق پیش رو از این منظر حائز اهمیت است که اثرات به کارگیری سیاست های توسعه منابع انسانی در یک محیط مجازی، پیش از هرگونه اقدام در دنیای واقع قابل مشاهده است. در واقع روش پویایی سیستم این امکان را فراهم می کند که علاوه بر در نظر گرفتن تمامی متغیرهای تاثیرگذار در جریان کار یک پروژه ساخت، سیاست های مختلف موثر بر بهره وری اینگونه پروژه ها نیز مورد ارزیابی قرار گیرند و امکان مقایسه آنها در یک محیط مجازی و پویا میسر باشد. جهت درک بهتر نحوه استفاده از این روش، فلوچارت شبیه سازی توسعه منابع انسانی مطابق شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱. فلوچارت مراحل شبیه سازی توسعه منابع انسانی با استفاده از روش پویایی سیستم

به منظور بررسی یک پدیده لزوم دارد ابتدا عوامل موثر بر آن پدیده شناسایی شوند و فرضیه پویا نیز تعریف گردد. سپس با شناسایی حلقه های بازخوردی توسعه منابع انسانی پروژه، نمودار علی - معلولی که یک نمودار کیفی است رسم می شود. در ادامه، نمودارهای حالت - جریان بر اساس نمودارهای علی - معلولی ترسیم می شوند که با فرموله نمودن آنها، مدل کمی تهیه می گردد. بدین صورت با آماده بودن مدل، امکان شبیه سازی توسعه منابع انسانی پروژه فراهم می گردد. جهت حصول اطمینان از صحت عملکرد مدل و اطمینان پذیر بودن آن، آزمون های مختلف اعتبارسنجی انجام خواهد شد که در صورت عدم تایید و غیرواقعی بودن نتایج شبیه سازی می بایست مجدداً فرآیند مدلسازی توسعه منابع انسانی بررسی و تصحیح گردد. این فرآیند تا حصول اطمینان از صحت مدل ادامه می یابد. در نهایت امکان ارزیابی سیاست های مختلف و مقایسه آنها وجود خواهد داشت.

### ۳- ساختار مدل

ساختار مدل توسعه منابع انسانی شامل بخش های تخمین و استخدام، آموزش و انگیزش نیروی انسانی و جریان کار پروژه است که در قالب نمودارهای علی - معلولی و حالت - جریان بیان خواهند شد.

#### ۱-۳) نمودار علی - معلولی

عوامل موثر در توسعه منابع انسانی به ندرت مستقل بوده و دارای تعاملات پیچیده ای با یکدیگر می باشند به نحوی که یک عامل معمولاً یا علت وقوع و تشدید عوامل دیگر است و یا اینکه خود از عوامل دیگر ناشی می شود. شایان ذکر است در نمودارهای علی - معلولی، علامت مثبت بین دو متغیر بیانگر وجود رابطه مستقیم بین آن دو عامل است و علامت منفی بیان گر رابطه معکوس. مطابق با شکل (۱)، زمانیکه محدوده پروژه تعریف می گردد، کار برنامه ریزی شده برای انجام افزایش می یابد که به دنبال آن کار در حال انجام بیشتر می شود. زمانیکه کار انجام شده بیشتر شود به دلیل نیاز به بررسی و تایید آن، کار پذیرفته شده و نشده به راه یکدیگر افزایش می یابند. در صورتیکه کار پذیرفته نشود، میزان دوباره کاری بیشتر شده و پیرو آن تغییراتی را در محدوده به دنبال خواهد داشت. از طرف دیگر میزان کار تایید شده منجر به کاهش کار باقیمانده و کاهش تقاضا نیروی کار می شود که در نهایت با افت تقاضا نیروی کار منجر به جذب نیروی کار کمتری خواهد شد. کاهش نیروی کار خود باعث افت میزان کار انجام شده می گردد چراکه بر نرخ انجام کار تاثیر مستقیم دارد.

دو سیاست توسعه نیروی انسانی در پروژه های ساخت یعنی آموزش و انگیزش نیروی کار در شکل (۲) مشخص است. نیاز به آموزش نیروی کار براساس نیروی کار موجود در پروژه و منابع مالی تخصیص یافته به بحث آموزش سنجیده می شود که در نهایت با انجام آموزش در محل کارگاه و یا برگزاری دوره های آموزشی خارج از کارگاه می توان بهره وری را ارتقاء داد. هم چنین انگیزش نیروی انسانی تحت تاثیر عوامل متعددی است که بر بهره وری تاثیر مستقیم می گذارد. تجربه نیروی کار نیز به عنوان یک عامل خارجی نقش مثبتی در ارتقاء بهره وری نیروی کار و بهبود عملکرد پروژه ایفا می کند.

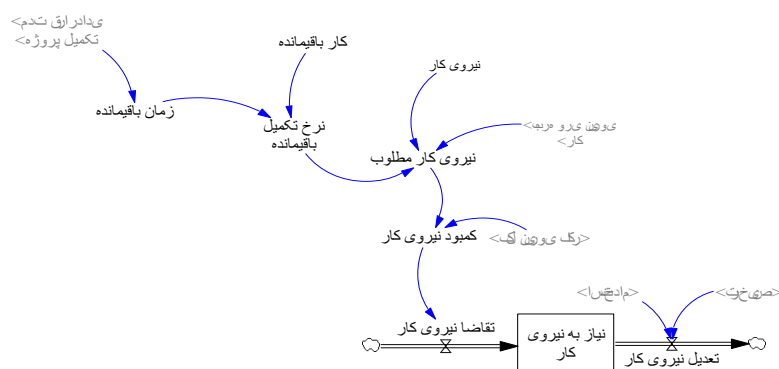






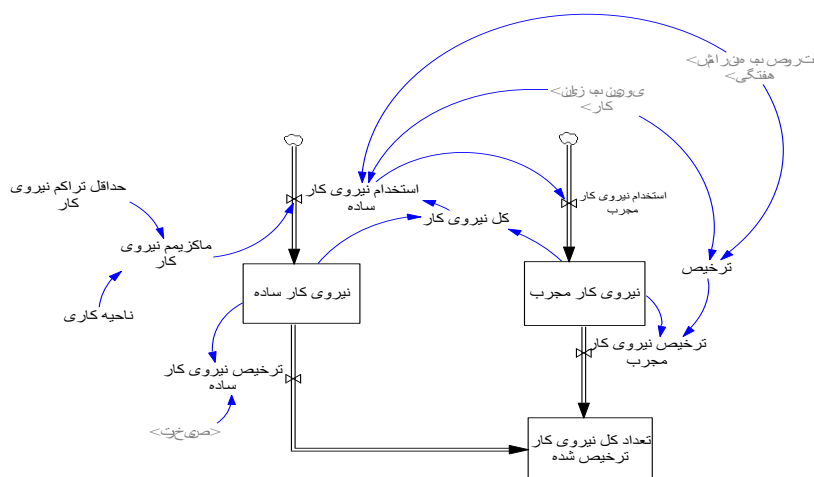
## ۲-۲-۳ تخمین و استخدام نیروی کار

تخمین دقیق نیروی کار همواره بعنوان یکی از مهمترین دغدغه های تصمیم گیران پروژه محسوب می شود. لازمه یک تخمین دقیق و منطبق با واقعیت، محاسبه میزان نیاز به نیروی کار در بازه های مختلف زمانی اجرا پروژه است. با تخمین پذیر بودن میزان نیروی کار مورد نیاز در پروژه امکان برنامه ریزی جهت استخدام نیروی کار مورد نیاز و اخراج نیروی کار مازاد به وجود خواهد آمد. در ادامه نمودار حالت - جریان تخمین نیروی انسانی توضیح داده می شود.



شکل ۴. نمودار حالت - جریان تخمین نیروی انسانی

با توجه به شکل (۴)، میزان کار باقیمانده براساس محدوده پروژه و کار تجمعی پذیرفته شده بدست خواهد آمد. با مشخص بودن کار و زمان باقیمانده برا انجام کار، نرخ تکمیل باقیمانده حاصل خواهد شد. نرخ کار مطلوب به همراه بهره وری کل میانگین نیروی کار، نیروی کار مطلوب را مشخص می نمایند. در ادامه، با توجه به مقایسه مقادیر نیروی کار مطلوب و کل نیروی کار موجود در پروژه، مقدار تقاضا نیروی کار محاسبه خواهد شد که این مقدار به صورت نرخ وارد انباشت نیاز به نیروی کار می شود. از سوی دیگر با توجه به میزان استخدام و ترخیص نیروی کار، میزان نیاز به نیروی کار تعدیل خواهد شد.



شکل ۵. نمودار حالت - جریان استخدام نیروی انسانی

مدل استخدام شامل ۳ انباشت نیروی کار ساده، نیروی کار مجرب و کل نیروی کار ترخیص شده است (شکل ۵). با توجه به شکل (۵)، استخدام و ترخیص براساس نیاز به نیروی کار پروژه و میزان نیروی کار موجود صورت خواهد گرفت. البته استخدام نیروی کار مورد





## ۴- اعتبارسنجی

به منظور نشان دادن کارایی و قابلیت های مدل پیشنهادی در شبیه سازی و تخمین نیروی کار مورد نیاز پروژه های ساخت، این مدل بر روی یک پروژه ی نمونه و برای فعالیت سرامیک کاری پیاده سازی شده است (جدول ۱).

جدول ۱. کاربرد مدل در یک پروژه نمونه

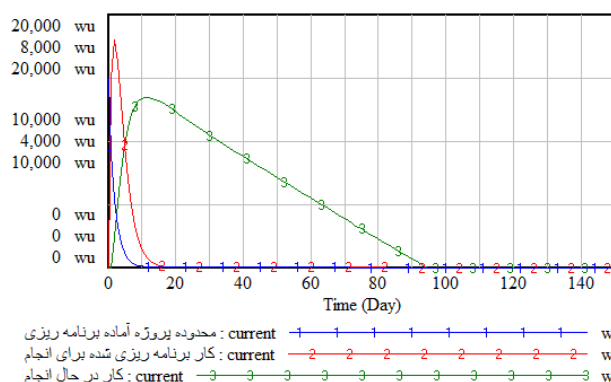
متغیرهای مدل		مقدار	واحد
دسته	نام متغیر		
فعالیت	مدت قراردادی پروژه	۱۰۰	روز
	محدوده پروژه		
کیفیت	کیفیت مورد انتظار اولیه	۱۵۰۰۰	متر مربع
	مدت زمان یافتن خطا		
نیروی کار	تعداد اولیه نیروی کار ساده	٪۹۰	بدون بعد
	تعداد اولیه نیروی کار مجرب		
	مهارت اولیه نیروی کار مجرب		
	تجربه اولیه نیروی کار ساده		
	تجربه اولیه نیروی کار مجرب	۵	روز

	میانگین دستمزد ساعتی نیروی کار	۲	نفر
		۷۰۰	روز
		۱۰۰	<u>روز</u> نفر
		۳۰۰	<u>روز</u> نفر
		۱۰۰۰۰۰	<u>روز</u> نفر
			<u>ریال</u> ساعت * نفر

پروژه مورد مطالعه بخشی از یک پروژه ی انبوه سازی مسکن ۱۰۰۰ واحدی در شهر اصفهان است. فرآیند اعتبارسنجی مدل جهت اعتماد سازی به نتایج مدل انجام شده است. به منظور اعتباربخشی به مدل پیشنهادی و نتایج شبیه سازی، آزمون های استاندارد مختلف پیشنهاد شده توسط آقای استرمن در سال ۲۰۰۰ مورد استفاده قرار گرفته اند [۳۲]. این آزمون ها شامل کفایت مرز مدل، ارزیابی ساختار مدل، سازگاری ابعادی، ارزیابی متغیرها، شرایط مرزی، بازخورد رفتاری و تحلیل حساسیت است. کفایت مرزبندی باهدف ارزیابی کیفیت و هماهنگی مرز مدل با هدف مدل صورت گرفته است. در واقع شناسایی متغیرهای درون زا، برون زا و مستثنی در این آزمون انجام می شود. ارزیابی ساختار مدل با هدف تایید اطلاعات و دانش واقعی در قالب نمودارهای علی - معلولی و انباشت - جریان انجام گرفته است. هدف از استفاده آزمون سازگاری ابعادی در این تحقیق، اطمینان اط سازگاری واحدهای تمامی متغیرها و تطابق آنها با دنیای واقعی است. معقول بودن متغیرها و مستدل بودن مقادیر آنها، هدف آزمون ارزیابی متغیرهای مدل است. سنجش رفتار مدل در حالت اعمال سیاست ها و حالت های مرزی پیشینه و کمینه در برخی از متغیرهای اصلی، هدف آزمون شرایط مرزی است. هدف از آزمون بازخورد رفتاری، توانایی مدل در تولید رفتار مورد انتظار در یک سیستم است. و در نهایت آنالیز حساسیت جهت ارزیابی مقاوم بودن رفتار مدل تحت عدم قطعیت ها صورت پذیرفته است.

## ۵- نتایج شبیه سازی

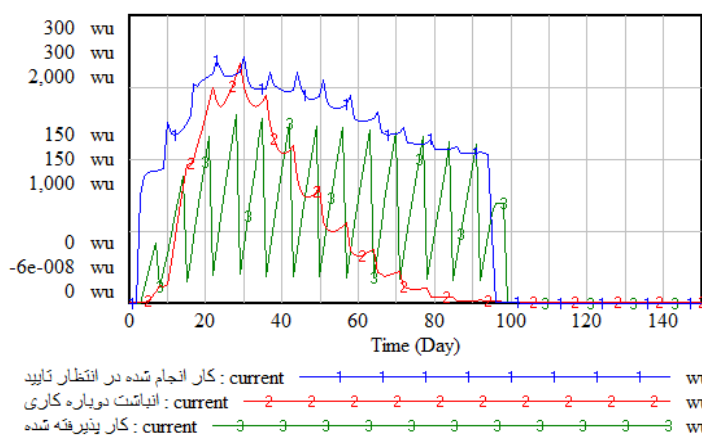
نتایج شبیه سازی مدل کمی تحقیق پیش رو در دو دسته کلی جریان کار پروژه و نیروی کار پروژه ارائه شده است که براساس ورودی های داده های پروژه مورد مطالعه به مدل می باشد. شکل های ۹ الی ۱۲ شبیه سازی رفتار مدل را برای پروژه مورد مطالعه نشان می دهند.



شکل ۹. محدوده پروژه آماده برنامه ریزی، کار برنامه ریزی شده برای انجام و کار در حال انجام

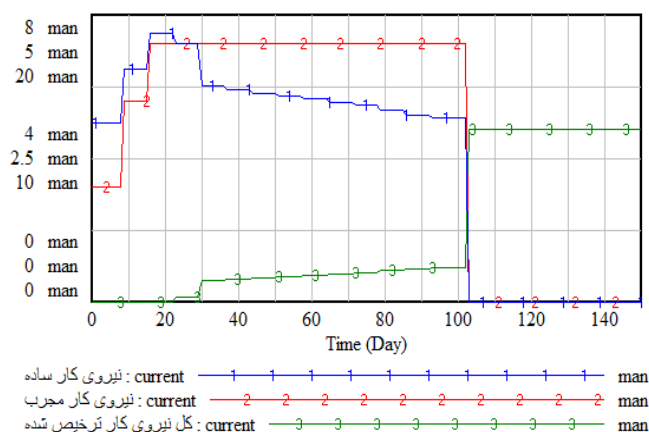
شکل (۹) بیانگر رفتار متغیرهای محدوده پروژه آماده برنامه ریزی، کار برنامه ریزی شده برای انجام و کار در حال انجام می باشد. همانطور که در نمودار واضح است، مقدار کار برنامه ریزی شده نیز به مرور در انباشت کار در حال جریان قرار می گیرد و میزان آن به صفر رسیده است. اتمام مقدار کار در جریان در روز ۹۵ به معنای تکمیل پروژه بدون در نظر گرفتن پیچیدگی های موجود در آن است درحالیکه این امر با شرایط واقعی پروژه سازگار نیست.

با توجه به شکل (۱۰)، دوباره کاری در روز ۲۹ به حداکثر مقدار خود رسیده است و پس از آن به مرور کاهش یافته که دلیل آن کاهش کار انجام شده در انتظار تایید، کار پذیرفته شده و همچنین میزان خطاها است. در روز ۱۰۳ نیز کل میزان کار پذیرفته شده به پایان رسیده است. لازم به ذکر است علت رفتار نوسانی موجود در شکل (۱۰)، به خصوص رفتار کار پذیرفته شده، به دلیل هفتگی بودن زمان تایید کار است.



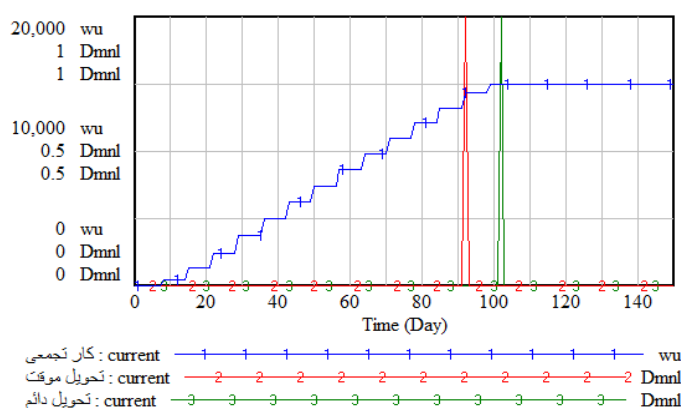
شکل ۱۰. کار انجام شده در انتظار تایید، انباشت دوباره کاری و کار پذیرفته شده

شکل (۱۱)، وضعیت منابع انسانی موجود در پروژه را برای آینده شبیه سازی می نماید. تعداد کل نیروی کار اولیه ۷ نفر است (۵ نفر نیروی کار ساده و ۲ نفر نیروی کار مجرب) که با تغییر میزان نیاز به نیروی کار، مقادیر نیروی کار تغییر نموده است. عموماً در آغاز پروژه تا یک زمان مشخص مقدار نیروی کار افزایش پیدا می نماید و سپس به دلیل مجرب شدن نیروی کار در طول زمان از مقدار آن کاسته می شود. بنابراین مطابق با شکل (۱۱) می توان گفت از روز ۲۳ پروژه، میزان نیروی کار ساده شروع به کاهش نموده ولی مقدار نیروی کار مجرب در طول پروژه دچار کاهش نشده است. علت اینگونه رفتار، اولویت ترخیص نیروی کار ابتدا از نیروی کار ساده و سپس از نیروی کار مجرب است. نهایتاً در زمان تحویل پروژه کل نیروی کار ترخیص شده اند.



شکل ۱۱. نیروهای کاری ساده، مجرب و میزان کل ترخیص

اکنون مطابق با شکل (۱۲) می توان نتیجه گرفت که زمان تحویل موقت و دائم پروژه به ترتیب در روزهای ۹۲ و ۱۰۲ رقم خواهد خورد. تحویل موقت نیز براساس تکمیل ۱۵۰۰۰ مترمربع سرامیک کاری صورت خواهد گرفت. پس از تکمیل کامل کار و سپری شدن دوره تضمین، پروژه به کارفرما تحویل داده می شود.



شکل ۱۲. کار جمعی و تحویل موقت و دائم پروژه

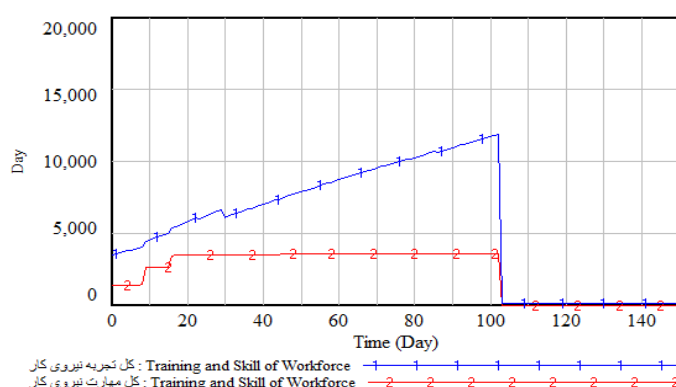
همانطور که نمودارهای شبیه سازی نشان دادند امکان جذب و ترخیص نیروی کار میسر گردیده است. جریان کار پروژه متاثر از بهره وری و نیروی کار موجود در پروژه است. بهره وری خود می تواند با توسعه منابع انسانی از طریق آموزش و انگیزش ارتقاء یابد که در ادامه نتایج حاصل از به کارگیری استراتژی های توسعه منابع انسانی در عملکرد پروژه های ساخت قابل مشاهده خواهد بود.

## ۶- سیاست های توسعه منابع انسانی

با مشاهده و بررسی نتایج شبیه سازی، دو سیاست آموزش و انگیزش نیروی انسانی جهت ارتقاء بهره وری و بهبود عملکرد پروژه های ساخت ارائه شده اند.

### ۶-۱ آموزش نیروی انسانی

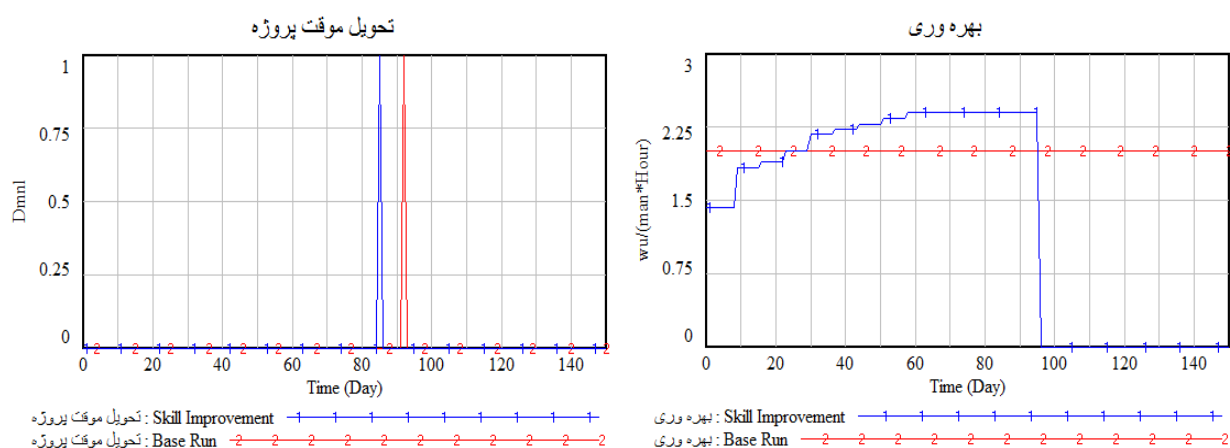
آموزش بعنوان یکی از دو رکن اصلی توسعه نیروی انسانی مورد توجه تحقیق حاضر بوده است. افزایش مهارت و توانایی نیروی کار می تواند بهره وری آنها را افزایش داده و عملکرد پروژه را بهبود بخشد. جهت ارتقاء سطح مهارت، توانایی و دانش نیروی کار ساده، آموزش صرفاً برای این گروه در نظر گرفته شده است چراکه گروه نیروی کار مجرب به صورت مجزا برای پروژه استخدام گشته اند. هم چنین تجربه نیروی کار نقش بسزایی در توسعه تیم پروژه دارد. مطابق با شکل (۱۳)، پس از شناسایی نیازهای آموزشی نیروی کار، مهارت نیروی کار با پیاده سازی برنامه آموزشی افزایش می یابد چنانکه در اوایل پروژه این میزان صرفاً متوجه نیروی کار مجرب است و به مرور زمان افزایش می یابد تا جایکه نیازهای آموزشی برطرف گردد. از طرف دیگر، میزان تجربه نیروی کار دارای یک میزان اولیه است که به مرور زمان و با گذر حیات اجرایی پروژه این مقدار به علت حضور نیروهای کاری و افزایش تجربه آنها همزمان با اجرای پروژه، افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۳. مهارت و تجربه نیروی انسانی

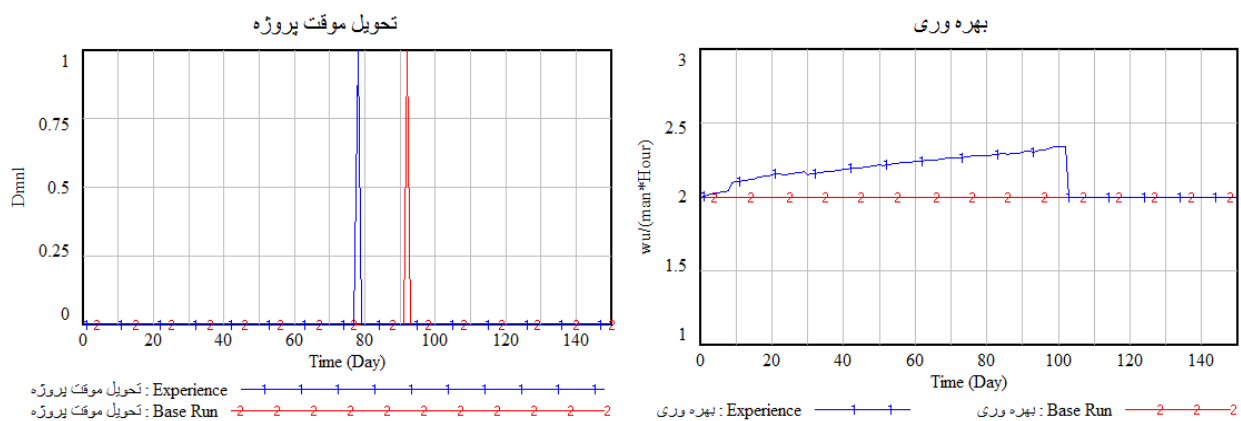
میزان اثر سطح مهارت کل نیروی کار بایستی بر روی بهره وری سنجیده شود. شکل (۱۴)، تغییرات بهره وری زمانیکه اثر مهارت نیروی کار در بهره وری دیده شود و نیز مقدار آن ثابت در نظر گرفته نشود را نشان می دهد. سیر صعودی بهره وری به دلیل افزایش مهارت ناشی از آموزش نیروی کار در شکل (۱۴) مشخص است. همچنین عملکرد زمانی پروژه نیز به میزان یک هفته بهبود یافته است.





شکل ۱۴. اثر آموزش بر بهره وری و زمان پروژه

تجربه نیروی کار اثر بسزایی بر بهره وری و عملکرد پروژه دارد که در صورت در نظر گرفتن اثر آن می توان دریافت نیروی کار باتجربه بهره ورتر از نیروی کار بدون تجربه و یا کم تجربه است (شکل ۱۵). هم چنین تحویل پروژه علت افت ناگهانی نمودار بهره وری در حالت لحاظ نمودن اثر تجربه بر آن است. لازم به ذکر است که در این حالت عملکرد پروژه از لحاظ زمانی به میزان ۲ هفته بهبود یافته است.

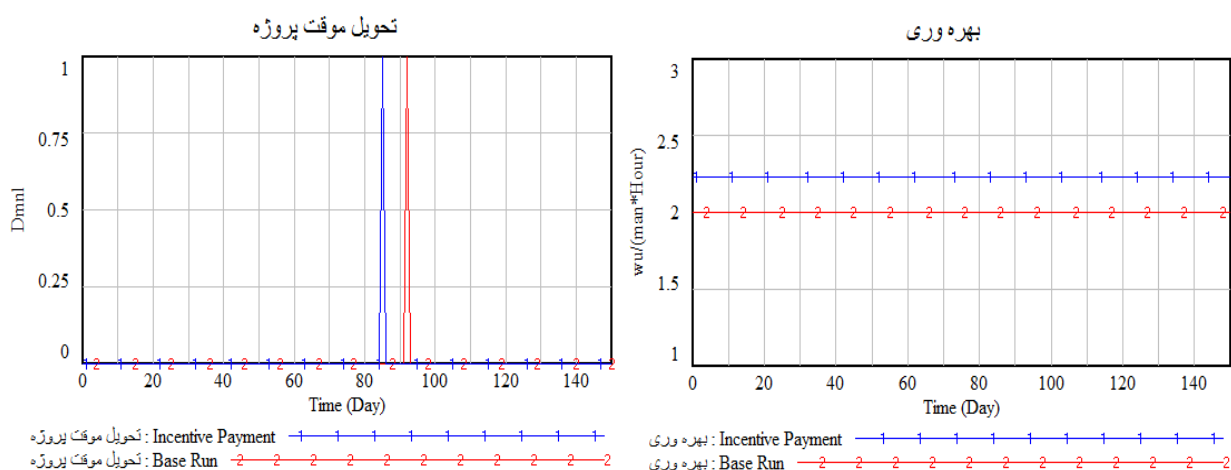


شکل ۱۵. اثر تجربه نیروی انسانی بر بهره وری و زمان پروژه

با بررسی نتایج حاصل شده از به کارگیری سیاست آموزش مشخص گردید هرچه ساعات آموزش نیروی کار ساده بیشتر شود، بهره وری و زمان پروژه نیز بهبود می یابند. از این رو برنامه ریزی جهت آموزش نیروی کار ساده در محل کارگاه توسط نیروی کار مجرب و یا برگزاری دوره های آموزشی خارج از کارگاه می تواند در بهبود بهره وری و عملکرد پروژه موثر باشد. تجربه نیروی کار نیز بایستی به عنوان یکی از عوامل تاثیرگذار بر بهره وری و عملکرد پروژه مورد توجه مدیران قرار گیرد به نحویکه حتی الامکان از نیروهای کاری باتجربه بالاتر در پروژه استفاده گردد.

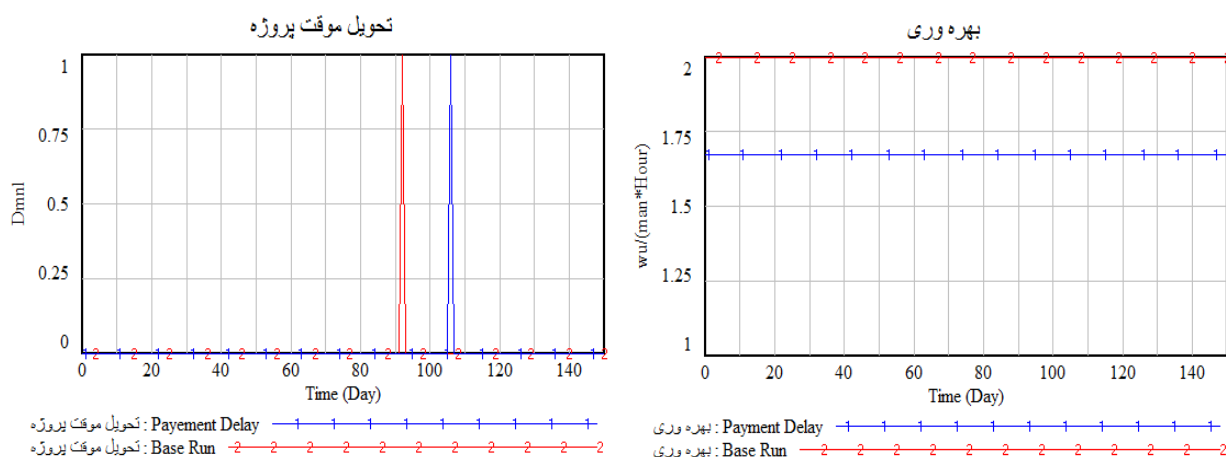
## ۶-۲) انگیزش نیروی انسانی

انگیزش نیروی انسانی بعنوان یکی از سیاست های اصلی توسعه منابع انسانی مورد توجه تحقیق حاضر بوده است. مطابق با شکل (۱۶)، در صورت در نظر گرفتن مشوق مالی برای نیروی کار، بهره وری از مقدار نرمال خود یعنی ۲ مترمربع به ازای هر نفر در هر ساعت به میزان ۲/۲۴ ارتقاء یافته و تحویل پروژه نیز در روز ۸۵ اتفاق افتاده است که حاکی از بهبود عملکردی زمانی پروژه است.



شکل ۱۶. اثر مشوق مالی بر بهره وری و زمان پروژه

هم چنین در صورت وقوع تاخیری معادل ۱ ماه در پرداخت دستمزد نیروی کار، انگیزش نیروی انسانی در حدود ۴۰٪ افت خواهد نمود که در نهایت طبق شکل (۱۷)، بهره وری حدود ۱۸٪ افت خواهد کرد و تحویل پروژه به ۱۴ روز دیرتر از حالت پایه موکول خواهد شد.



شکل ۱۷. اثر تاخیر در پرداخت دستمزد بر بهره وری و زمان پروژه

نتایج شبیه سازی انگیزش نیروی انسانی حاکی از نقش بسیار موثر آن بر بهره وری و عملکرد پروژه است به گونه ای که در صورت وجود عواملی در پروژه که منجر به کاهش انگیزش نیروی کار می شوند، بهره وری و عملکرد پروژه افت خواهند نمود. از طرف دیگر در صورت تقویت عوامل انگیزشی نیروی کار پروژه شاهد توسعه در مقادیر بهره وری و عملکرد خواهد بود.

## ۷- نتیجه گیری

ارتقاء بهره وری و بهبود عملکرد پروژه های ساخت همواره یکی از دغدغه های اصلی مدیران و تصمیم گیران پروژه بوده است. توسعه نیروی انسانی می تواند بعنوان یک راهکار اساسی جهت حل این مشکل باشد. آموزش و انگیزش نیروی انسانی بعنوان دو رکن اساسی توسعه و ارتقاء تیم پروژه در این تحقیق مورد توجه قرار گرفته شد. از آنجائیکه ماهیت پروژه های ساخت پیچیده و پویا می باشد بنابراین پیاده سازی مفهوم توسعه منابع انسانی در اینگونه پروژه ها نیاز به ابزاری دارد که قادر به در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر در توسعه نیروی انسانی و حاکم نمودن یک نگاه سیستماتیک باشد. از طرف دیگر مفهوم توسعه منابع انسانی تاکنون یا به صورت کلی در پروژه های ساخت مورد تحقیق قرار گرفته است و یا به صورت موردی، انگیزش و آموزش نیروی کار در اینگونه پروژه ها مورد توجه بوده اند. از این رو در این تحقیق از روش پویایی سیستم برای بررسی نقش توسعه نیروی انسانی در ارتقاء بهره وری و عملکرد پروژه های ساخت استفاده شده است و نیز مدلی توسعه داده شده است که توانایی ارزیابی و مقایسه میزان اثرگذاری سیاستهای آموزش و انگیزش در توسعه نیروی انسانی بر عملکرد پروژه های ساخت را دارا باشد به گونه ای که مشکلات و معایب تحقیقات گذشته را تا حد زیادی برطرف می نماید.

جهت مدل سازی، ابتدا ماهیت پویا پروژه های ساخت، نیروی کار و جریان کار پروژه بررسی شد. سپس با استفاده از روش پویایی سیستم، نمودارهای علی-معلولی و حالت-جریان ارائه شد. مدل توسعه داده شده پیشنهادی قادر است که ماهیت پویا پروژه های ساخت را در نظر گرفته و میزان اثر گذاری توسعه منابع انسانی را شبیه سازی نماید. به منظور نشان دادن کارایی و قابلیت های مدل پیشنهادی، مدل شبیه ساز بر روی یک پروژه واقعی و فعالیت سرمایه کاری از آن پروژه پیاده سازی گردید. با بررسی نتایج شبیه سازی، مشخص شد توسعه نیروی انسانی نقش بسزایی در بهبود عملکرد زمانی پروژه و ارتقاء بهره وری دارد. در مورد انگیزش نیروی انسانی ۲ عامل مشوق های مالی و تاخیر در پرداخت دستمزد بررسی گردید که مشخص شد در حدود ۱۲ درصد رشد بهره وری، در حالت پرداخت مشوق های مالی و ۱۸ درصدی بهره وری، در حالت تاخیر در پرداخت دستمزد نیروی کار وجود دارد. هم چنین تاثیر نقش آموزش و تجربه نیروی کار بر رشد بهره وری و ارتقاء عملکرد پروژه ثابت گردید. با استفاده از این مدل، تصمیم گیران پروژه می توانند ضمن آگاهی کامل از میزان نیروی کار و جریان کار پروژه، برنامه ریزی لازم را جهت پیاده سازی سیاست های توسعه نیروی انسانی به منظور ارتقاء عملکرد پروژه و بهبود بهره وری صورت دهند. شایان ذکر است یکی از مزایای مدل پویایی سیستم ارائه شده، انعطاف پذیری آن برای کاربرد در پروژه های مختلف است.

شایان ذکر است مدل ارائه شده دارای محدودیت هایی در شناسایی و ارزیابی عوامل موثر بر انگیزش و یا بهره وری نیروی انسانی بوده است. از این رو پیشنهاد می گردد در تحقیقات آتی عوامل موثر بیشتری در توسعه منابع انسانی پروژه های ساخت و بهره وری آنها مورد بررسی و شبیه سازی قرار گیرند.

## مراجع

- [1] Armstrong, M. (2014). *A Handbook of Human Resource Management Practice*, (13edn.), London, Kogan Page Publishers.
- [2] DeCenzo, D. A., and Robbins, S. P. (1988). *Personnel/ Human Resource Management*. 3rd ed. London: Printice-Hal.
- [3] Loosemore, M., Dainty, A.R.J. and Lingard, H. (2003). *Human Resource Management in Construction Projects, Strategic and Operational Approaches*. Spon Press, London.
- [4] Wild, A. (2002). The unmanageability of construction and the theoretical psychosocial dynamics of projects. *Engineering Construction and Architectural Management* 9, 345–351.
- [5] Harmon, K. M., and Cole, B. (2006). Loss of productivity studies-Current uses and misuses. *Constr. Briefings*, 8(1), 119.
- [6] Ng, Skitmore, Lam and Poon. (2004). Demotivating factors influencing the productivity of civil engineering projects. *International Journal of Project Management* 22, 139–146.
- [7] Tabassi, A.A., Ramli, M. and Bakar, A.H.A. (2012). Effects of training and motivation practices on teamwork improvement and task efficiency: the case of construction firms. *Int. J. Proj. Manag.* 30, 213–224.
- [8] Armstrong, M., Baron, A. (2002). *Strategic HRM: The Key to Improved Business Performance*. CIPD, London.
- [9] Sambrook, S. (2004). A “critical” time for HRD? *Journal of European Industrial Training* 28, 611–624.
- [10] Chen, L.-H., Liaw, S.-Y. and Lee, T.-Z. (2003). Using an HRM pattern approach to examine the productivity of manufacturing firms — an empirical study. *International Journal of Manpower* 24, 299–318.
- [11] Lyneis, J. M. and Ford, D. N. (2007). System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research. *System Dynamics Review*. 23, 157-189.
- [12] Uwakweh, B. O., and Maloney, W. F. (1991). “Conceptual models for manpower planning for the construction industry in developing countries.” *Constr. Manage. Economy*. 95, 451–465.
- [13] Huemann, M. (2010). Considering human resource management when developing a project-oriented company: case study of a telecommunication company. *International Journal of Project Management* 28, 361–369.
- [14] Slotte, V., Tynjala, P. and Hytonen, T. (2004). How do HRD practitioners describe learning at work? *Human Resource Development International* 7, 541–544.
- [15] Simmonds, D., Pedersen, C. (2006). HRD: the shapes and things to come. *Journal of Workplace Learning* 18, 122–134.
- [16] Nadler, L., Nadler, Z. (1989). *Developing Human Resources*, 3 rd ed. JosseyBass ,London.
- [17] Garavan, T.N. (1991). Strategic human resource development. *Journal of European Industrial Training* 15, 17–31.
- [18] Hoseinalipour, M. Jouybari, Y. G. and Jouybari, A.G. (2010). The Effects of Human Resource Management on Building Projects Efficiency. 6th International Conference on Project Management. Tehran.
- [19] Zwikael, Ofer, Unger-Aviram and Esther. (2010). HRM in project groups: the effect of project duration on team development effectiveness. *Int. J. Proj. Manag.* 28 (5):413–421. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.09.005>.

- [20] Fini, A. A. F., Akbarnezhad, A., Rashidi, T. H. and Waller, S. T. (2016). Job assignment based on brain demands and human resource strategies, *Journal of Construction Engineering and Management*, 04016123.
- [21] Keegan, A. Ringhofer, C. and Huemann, M. (2018). Human resource management and project based organizing: Fertile ground, missed opportunities and prospects for closer connections. *International Journal of Project Management*. doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.06.003.
- [22] 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* Vol186 pp 461-470
- [23] Jarkas, A. and Bitar, C. (2012). Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 138(7), 811-820
- [24] Wang, D. Arditi, D. and Damci, A. (2016). Construction Project Managers' Motivators and Human Values. *Journal of Construction Engineering and Management* 143(4):04016115. DOI10.1061/ (ASCE) CO.1943-7862.0001261.
- [25] Rezaifar, O. Yazdanparast, A. and Kheyroddin, A. (2017). Decision Making for Motivation of Construction Site Personnel. *Journal of Engineering and Applied Sciences* 12(7):1846-1852. DOI: 10.3923/jeasci.2017.1846.1852.
- [26] Raoufi, M. and Fayek, A. R. (2018). Framework for Identification of Factors Affecting Construction Crew Motivation and Performance. *Journal of Construction Engineering and Management* 144(9). DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001543.
- [27] Cooke, D. L. (2003). A System Dynamics Analysis of the Westray Mine Disaster. *System Dynamics Review* 19 (2): 139–166.
- [28] Alvanchi, A., Lee, S. and Abourizk, S. M. (2012). Dynamics of workforce skill evolution in construction projects. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 39, 1005–1017.
- [29] Sing, M. C. P. Love, P. E. D. Edwards, D. J. and Liu, H. J. (2016). Dynamic modeling of workforce planning for infrastructure projects. *Journal of Management in Engineering*. 32(6):04016019. DOI10.1061/ (ASCE) ME.1943-5479.0000463.
- [30] Dabirian, S. and Abbaspour, S. (2016). Workforce Motivation Simulation in Construction Projects using System Dynamics Approach. 1st Conference on Human Resource Management. University of Tehran. Tehran.
- [31] Forrester, Jay W. (1961) *Industrial Dynamics*. Productivity Press. Cambridge, MA.
- [32] Sterman. J. D. (2000). *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill, New York, NY, pp. 191– 232.
- [33] Godlewski, E., Lee, G. and Cooper K. (2012). System dynamics transforms fluor project and change management. *Interfaces* 42(1): 17–32.
- [34] Garcia, J. M. (2006). *Theory and practical exercises of system dynamics*. Barcelona, Spain: Universitat Politecnica De Catalunya.
- [35] Swanson R. A. (1999). HRD theory, real or imagined?. *Human Resour Dev Int*; 2(1); 2-5.