JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2025; 12(4): 304-321 Doi: 10.53208/joohe.12.4.304
https://johe.umsha.ac.ir

Original Aticle

Explaining Working Conditions of Batching Plant Operators Using Applied Cognitive Task Analysis

Jamileh Momeni Khamami[1], Mina Hashemi Parast[2], Reza Kalantari[1*]

[1] Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran
[2] Department of Health Education and Health Promotion, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

Article history:
Received: March 06, 2026
Revised: June 29, 2026
Accepted: July 04, 2026
ePublished: July 27, 2026

***Corresponding author:** Reza Kalantari, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

E-mail: dr.r.kalantari@zums.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Batching plant operators in concrete production facilities play a vital role in the manufacturing process. Their tasks require applying a significant level of cognitive skills. This study aimed to explain the working conditions of batching plant operators using Applied Cognitive Task Analysis.

Materials and Methods: This qualitative study was conducted in 2025 at a concrete production plant in Guilan Province, Iran. The participants included 10 batching plant operators. Data were collected using Hierarchical Task Analysis and Applied Cognitive Task Analysis—involving three stages of individual semi-structured interviews. The data from the interviews were analyzed using conventional content analysis. The cognitive demands table for the job of batching plant operators was developed.

Results: Main tasks of the batching plant operators included preparation, concrete production, and work finalization. The major cognitive challenges for the operators included working with the control panel, diagnosing possible system malfunctions, achieving a specific quality and consistency of concrete, performing multiple tasks simultaneously, continuing work during sudden system failure, facing sudden changes in the production schedule, and making judgments about special types of concrete. The main cognitive strategies for coping with these challenges included maintaining composure, referring to instructions, seeking help from colleagues, and pursuing workstation variables for decision-making.

Conclusion: Batching plant operators have complex cognitive tasks. Usage of Applied Cognitive Task Analysis can be effective in identifying difficult tasks, necessary actions, probable errors, and cognitive strategies for addressing occupational challenges, and can play an effective role in the ergonomic redesign of workstations.

Keywords: Batching Plant Operator, Cognitive Task Analysis, Concrete, Qualitative Study, Working Conditions

Please cite this article as follows: Momeni Khamami J, Hashemi Parast M, Kalantari R. Explaining Working Conditions of Batching Plant Operators Using Applied Cognitive Task Analysis. J Occup Hyg Eng. 2025; 12(4): 304-321. DOI: 10.53208/joohe.12.4.304

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

Copyright © 2025 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Batching plant operators play a central role in concrete production because their decisions directly influence product quality, production continuity, efficiency, and safety. Although the job may appear mainly physical, it requires continuous information processing, divided attention, working memory, problem solving, and rapid decision-making under time pressure. Operators must monitor computerized controls, evaluate concrete quality, adjust material proportions, communicate with drivers and quality-control personnel, and respond to abnormal equipment behavior. Errors may lead to non-standard concrete, production delays, material loss, higher corrective costs, and safety consequences. Previous research on batching work has mainly emphasized physical and ergonomic exposures, while the hidden cognitive components of the job have received limited systematic attention. Applied Cognitive Task Analysis is a structured field-oriented method for identifying difficult cognitive tasks, expert knowledge and strategies, and likely errors. This study aimed to explain the working conditions of batching plant operators by identifying their difficult cognitive tasks, critical cues, coping strategies, and common errors using Applied Cognitive Task Analysis.

Materials and Methods

This qualitative study was conducted over four months in 2025 at a concrete production plant in Guilan Province, Iran. Fourteen batching operators worked at the plant. Participants were selected purposively with maximum variation in age, work experience, marital status, and education. Data saturation was reached after eight interviews and confirmed through two additional interviews, resulting in 10 participants. All were male, worked a fixed daytime shift, and were contract employees. Work experience ranged from 3 to 18 years; five participants had at least 10 years of experience, three had less than 7 years, and two were intermediate. Data collection combined Hierarchical Task Analysis and Applied Cognitive Task Analysis. Hierarchical Task Analysis first mapped the operator's main tasks, subtasks, sequence, and dependencies through direct observation, interviews, process review, and examination of procedures. Applied Cognitive Task Analysis was then conducted in three stages: identification of cognitively difficult tasks, a knowledge-audit interview exploring why tasks were difficult and what strategies were used, and a simulation interview focused on difficult or critical scenarios. When participants could not recall a specific event, common scenarios such as sudden display failure, mixer blockage, or power interruption were simulated. Ten individual semi-structured interviews were completed, with an average duration of 35 minutes. Interview texts were analyzed using conventional content analysis in MAXQDA. Two researchers coded the data independently, disagreements were resolved through discussion, and agreement exceeded 90%. Member checking, prolonged engagement, data-source triangulation, and review by the workshop supervisor and quality-control manager were used to strengthen trustworthiness.

Results

The main operator tasks were grouped into preparation, concrete production, and work finalization. Recurrent cognitively difficult activities included working with the control panel, diagnosing system problems, achieving the required concrete quality and consistency, performing multiple tasks simultaneously, continuing production during sudden system failure, responding to unexpected changes in batching activity, and judging special types of concrete.

From the 10 interviews, 389 initial codes were extracted. After merging similar content, 67 final codes remained and were organized into 14 subcategories and five main categories: difficult cognitive tasks, reasons for difficulty, critical cues, coping strategies, and common errors. Working with the control panel was reported by 9 participants. Similar-looking, closely positioned, and poorly labeled controls increased memory and attention demands. Operators relied on concentration, asking questions, and following instructions; common errors included activating the wrong control and forgetting sequence.

Diagnosing system problems was reported by all 10 participants. Operators interpreted equipment sounds, monitored the system continuously, sought help, and relied on prior preparation. Achieving the required concrete quality and consistency was difficult because raw materials varied, temperature and moisture affected the mixture, automatic systems could fail, and decisions often had to be made quickly. Operators used visual inspection, environmental information, timing of material addition, changes in machine speed, and repeated process checking.

Multitasking was reported by 9 participants and involved managing the display, equipment sounds, communications, production, and loading at the same time. Errors included forgetting steps, over-focusing on one task, overlooking another task, and executing the wrong command. Eight participants described the difficulty of continuing work during system malfunction, while six emphasized sudden changes in batching activity and four described special concrete types as requiring expert judgment. Experienced operators more often used pattern recognition, subtle sound changes, material and concrete appearance, smell, and intuitive judgment. Less-experienced operators relied more on written instructions and colleagues. Three core cognitive requirements emerged across tasks: divided attention, working memory, and decision-making under uncertainty. Poor interface design and excessive multitasking intensified these demands and increased execution, diagnostic, and judgment errors.

Discussion

The findings show that batching operators function as human information processors in a dynamic production system rather than as purely manual workers. Their performance depends on maintaining attention across several information channels, integrating current information with prior knowledge, recognizing weak signals, and making rapid decisions when information is incomplete. The control panel was an important source of cognitive burden because visually similar,

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

poorly labeled controls increased memory demands and the risk of selection errors. Some challenges were therefore intrinsic to the job, whereas others were intensified by poor workstation design.

Expertise clearly influenced coping strategies. Experienced operators used subtle environmental and process cues and compared them with rich mental models developed through practice. Less-experienced operators depended more heavily on instructions, display information, and assistance from colleagues. This gap between explicit and tacit knowledge helps explain why inexperienced operators may be particularly vulnerable during equipment failures or sudden process changes.

Multitasking was another major source of cognitive strain. Operators often had to monitor the screen, listen for abnormal machine sounds, communicate with drivers or control personnel, and manage production requests simultaneously. When these demands competed for the same cognitive resources, operators reported confusion, pressure, delayed reactions, and forgotten steps. The cognitive model extracted from the data suggests a chain in which divided attention supports working memory, working memory supports interpretation and comparison with prior knowledge, and both contribute to decision-making under uncertainty. Interface problems and excessive multitasking can disrupt this chain and increase errors.

The findings support several practical interventions. Control panels should be redesigned using clear labeling, visual coding, logical grouping, and layouts consistent with sequence of use. Scenario-based simulation training can help less-experienced operators develop richer mental models before facing real emergencies. Non-critical coordination tasks may also be redistributed to reduce multitasking, while intelligent warning systems can support operators by highlighting abnormal conditions and reducing reliance on purely experiential judgment.

Conclusion

Batching plant operators perform cognitively complex work involving divided attention, working memory, rapid problem solving, and decision-making under uncertainty. The principal challenges included poorly designed control panels, diagnosis of system problems from weak cues, maintaining concrete quality under changing conditions, multitasking, continuing work during system failure, responding to sudden process changes, and judging special concrete mixtures. Experienced operators relied on richer mental models and pattern-recognition strategies, whereas less-experienced operators depended more on explicit instructions and external assistance. Applied Cognitive Task Analysis effectively identified difficult tasks, critical cues, coping strategies, and likely errors and provided a useful basis for ergonomic intervention. Practical priorities include ergonomic redesign of control interfaces, scenario-based training, reduction of unnecessary multitasking, and implementation of intelligent warning systems to support safer and more reliable operator decision-making.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۳۲۱-۳۰۴
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله پژوهشی

تبیین شرایط کاری اپراتور بچینگ با استفاده از تحلیل شناختی-کاربردی وظیفه

جمیله مؤمنی خمامی[۱]، مینا هاشمی‌پرست[۲]، رضا کلانتری[۱*]

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان
۲. گروه آموزش بهداشت و ارتقاء سلامت، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۵/۰۲/۱۶
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۵/۰۴/۰۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۰۴/۱۳
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۵/۰۵/۰۶

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** رضا کلانتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان

ایمیل: dr.r.kalantari@zums.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: اپراتورهای بچینگ در کارخانجات تولید بتن نقشی حیاتی در فرایند تولید دارند. وظایف این اپراتورها نیازمند کاربرد سطح قابل‌توجهی از مهارت‌های شناختی است. این مطالعه با هدف تبیین شرایط کاری اپراتورهای بچینگ با استفاده از تحلیل شناختی-کاربردی وظایف انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعهٔ کیفی در سال ۱۴۰۴ در یک کارخانهٔ تولید بتن در استان گیلان انجام شد. مشارکت‌کنندگان ۱۰ اپراتور بچینگ بودند. جمع‌آوری داده‌ها با روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه و تحلیل وظیفه شناختی-کاربردی، که شامل سه مرحله مصاحبهٔ نیمه‌ساختاریافته انفرادی است، انجام شد. داده‌ها با روش تحلیل محتوای قراردادی تحلیل شدند و جدول نیازهای شناختی برای شغل اپراتور بچینگ ایجاد شد.

یافته‌ها: وظایف اصلی اپراتور بچینگ شامل آماده‌سازی، تولید بتن و نهایی‌سازی کار بودند. کار با پانل کنترل، تشخیص مشکلات محتمل سیستم، دستیابی به کیفیت و قوام خاصی از بتن، انجام هم‌زمان وظایف، ادامهٔ کار در صورت مواجهه با خرابی ناگهانی سیستم، مواجهه با تغییرات ناگهانی برنامهٔ تولید و لزوم قضاوت دربارهٔ انواع خاصی از بتن مهم‌ترین موارد دشوار شناختی برای اپراتورها بودند. مهم‌ترین استراتژی‌های شناختی برای مقابله با موارد دشوار شناختی شامل حفظ خونسردی، مراجعه به دستورالعمل‌ها، درخواست کمک از همکاران و توجه به متغیرهای ایستگاه کار برای تصمیم‌گیری بود.

نتیجه‌گیری: اپراتورهای بچینگ وظایف پیچیده‌ای ازنظر شناختی دارند. استفاده از روش تحلیل شناختی-کاربردی می‌تواند در شناسایی وظایف دشوار، اقدامات لازم، خطاهای احتمالی و استراتژی‌های شناختی برای مقابله با چالش‌های شغلی مورد استفاده قرار گرفته و نقش مؤثری در بازطراحی ارگونومیک ایستگاه‌های کاری ایفا کند.

واژگان کلیدی: اپراتور بچینگ، تحلیل وظیفهٔ شناختی، بتن، شرایط کاری، مطالعهٔ کیفی

استناد: مومنی خمامی، جمیله؛ هاشمی پرست، مینا؛ کلانتری، رضا. تبیین شرایط کاری اپراتور بچینگ با استفاده از تحلیل شناختی-کاربردی وظیفه. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، زمستان ۱۴۰۴؛۱۲(۴): ۳۲۱-۳۰۴

مقدمه

اپراتور بچینگ نقشی حیاتی در فرایند تولید بتن ایفا می‌کند، به‌طوری که وظایف او مستقیماً بر کیفیت محصول نهایی، بهره‌وری عملیاتی و ایمنی کلی کارخانه تأثیر می‌گذارد. این اپراتور، که معمولاً در یک اتاقک مستقر است، مسئولیت راه‌اندازی و نظارت بر سیستم‌های اختلاط را بر عهده دارد که مواد اولیه شامل سیمان، ماسه، سنگدانه‌ها، آب و افزودنی‌ها را به نسبت‌های دقیق و طبق طرح اختلاط مشخص‌شده ترکیب می‌کند [۱]. دقت در این فرایند توزین و اختلاط از آن جهت حیاتی است که هرگونه خطا به تولید بتن غیراستاندارد منجر شده و می‌تواند ایمنی سازه‌ها و پروژه‌های ساختمانی را به خطر اندازد، درحالی‌که اپراتورهای بچینگ در شرایط کاری دشواری فعالیت دارند. مواجهه با تنش‌های حرارتی، سروصدا، گردوغبار، ارتعاش در کنار سایر عوامل دیگر باعث تحمیل فشار قابل‌توجهی بر این شاغلان می‌شود [۲]. فراتر از جنبهٔ فنی، اپراتور بچینگ به‌عنوان مرکز هماهنگی کارخانه عمل می‌کند. او وظیفهٔ مدیریت هماهنگی بین سفارش‌های مشتریان، زمان‌بندی ناوگان حمل‌ونقل و موجودی مواد اولیه را بر عهده دارد. وظایف متعدد و ماهیت حساس این شغل، آن

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

را به یکی از پراسترس‌ترین و در عین حال کلیدی‌ترین نقش‌ها در صنعت تولید بتن تبدیل کرده است [۳]. با توجه به اینکه بتن پرمصرف‌ترین ماده ساختمانی در جهان پس از آب است، نقش اپراتور بچینگ در تضمین کیفیت و تأمین مستمر این مادهٔ حیاتی برای زیرساخت‌های شهری و توسعهٔ اقتصادی، نقشی غیرقابل‌انکار و استراتژیک محسوب می‌شود.

اگرچه به‌نظر می‌رسد نقش اپراتور بچینگ عمدتاً مبتنی‌بر فعالیت فیزیکی باشد، اما واقعیت حاکی از آن است که این شغل نیازمند سطح بالایی از پردازش‌های شناختی، توجه مداوم و توانایی تصمیم‌گیری هم‌زمان است. اپراتور بچینگ در طول یک شیفت کاری، باید به‌طور هم‌زمان چندین وظیفهٔ شناختی را مدیریت کند؛ شامل نظارت بر سیستم‌های کنترل کامپیوتری، پایش لحظه‌ای کیفیت بتن -شامل تست اسلامپ، محاسبه عملکرد و تنظیم رطوبت سنگدانه‌ها- و مدیریت ارتباطات هم‌زمان با اتاق کنترل، رانندگان و پرسنل کنترلکیفیت. این چندوظیفگی در یک محیط پویا و سریع، نیازمند حافظهٔ کاری قوی، انعطاف‌پذیری شناختی و توانایی اولویت‌بندی است [۴]. براساس طبقه‌بندی استاندارد مشاغل کانادا، اپراتور بچینگ در شاخص‌هایی مانند کنترل و نظارت بر عملیات در سطح ۳ (متوسط به بالا)، حل مسئله در سطح ۳ و تحمل استرس در بالاترین سطح [۴] قرار دارد [۵]. ازسوی‌دیگر، یافته‌های پژوهشی در صنعت ساخت نشان می‌دهد که وظایف شناختی به‌همراه وظایف بصری و روانی-حرکتی، سه مؤلفهٔ اصلی نیازهای شناختی را در مشاغل عملیاتی مانند اپراتور بچینگ را تشکیل می‌دهند [۶]. بنابراین، اپراتور بچینگ نه‌تنها یک کارگر فیزیکی، بلکه یک پردازشگر اطلاعات انسانی است که در شرایط پرفشار و با عواقب سنگین خطا، تصمیم‌گیری می‌کند.

باوجود نقش حیاتی اپراتور بچینگ در صنعت بتن و نیاز آشکار این شغل به پردازش‌های شناختی پیچیده، خلأ تحقیقاتی قابل‌توجهی درزمینهٔ ارزیابی سیستماتیک وظایف شناختی این شاغلان وجود دارد. مطالعات پیشین عمدتاً بر جنبه‌های فیزیکی و ارگونومیک این شغل متمرکز بوده‌اند [۲]، درحالی‌که شواهد موجود نشان می‌دهد که مؤلفه‌های شناختی نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد ایمن و مؤثر اپراتور دارد [۶]. به‌عبارت دیگر، شرح‌های شغلی استاندارد بر مهارت‌هایی مانند توجه به جزئیات، حل مسئله، تصمیم‌گیری هم‌زمان و تحمل استرس تأکید می‌کنند [۴، ۵]. شواهد بر پیچیدگی شناختی این شغل دلالت دارند. براساس طبقه‌بندی استاندارد مشاغل کانادا، اپراتور بچینگ در شاخص‌های «حل مسئله» و «برنامه‌ریزی» در سطح ۳ (متوسط به بالا) و در شاخص «تحمل استرس» در بالاترین سطح قرار دارد [۵]

همچنین، مطالعات پیشین در صنعت ساخت نشان داده است که وظایف شناختی نظیر نظارت هم‌زمان بر چندین متغیر، تشخیص خطاهای سیستمی و هماهنگی با چندین عامل انسانی، سه مؤلفه اصلی بار کاری ذهنی در مشاغل عملیاتی مشابه را تشکیل می‌دهند [۶]. افزون‌براین، شرح شغل اپراتوری بچینگ نشان می‌دهد که اپراتورها به‌طور هم‌زمان باید داده‌های صفحه‌نمایش را تحلیل کنند، به صداهای دستگاه گوش دهند، با رانندگان و مرکز فرمان ارتباط برقرار کنند و کیفیت بتن خروجی را به‌صورت چشمی ارزیابی نمایند. این شواهد نشان‌دهندهٔ آن است که نقش اپراتور بچینگ فراتر از یک کارگر فیزیکی بوده و مستلزم پردازش‌های شناختی سطح بالا، توجه تقسیم‌شده و تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌قطعیت است.

ارتباط میان فرایندهای شناختی اپراتور و پیامدهای عملیاتی، کیفیتی و ایمنی ازطریق یک زنجیره علّی قابل‌تبیین است که طی آن ورودی‌های حسی مانند صداها، تصاویر صفحه‌نمایش، داده‌های سنسورها و ارتباطات کلامی ابتدا در حافظهٔ کاری اپراتور پردازش و با دانش قبلی مقایسه می‌شوند. این مقایسه باعث تشخیص وضعیت موجود می‌گردد. براساس این تشخیص، اپراتور یک تصمیم می‌گیرد و آن را به اقدام عملی مانند فشردن دکمه، تغییر تنظیمات، یا تماس با همکاران تبدیل می‌کند. هرگونه اختلال در هر یک از این حلقه‌ها (ازجمله طراحی نامناسب رابط کاربری، چندوظیفگی افراطی، خستگی یا فشار زمانی) می‌تواند منجر به خطای شناختی شود؛ خطایی که به‌نوبه خود پیامدهای قابل‌توجهی دارد؛ مثلاً در سطح عملیاتی باعث توقف تولید، هدررفت مواد، افزایش زمان چرخه می‌شود، در سطح کیفیت باعث تولید بتن غیراستاندارد، کاهش مقاومت سازه‌ها، افزایش هزینه‌های اصلاحی و در سطح ایمنی باعث حوادث ناشی از خرابی تجهیزات، قرارگیری در معرض مواد خطرناک، یا واکنش‌های نامناسب به شرایط اضطراری خواهد شد [۷، ۸]. به بیان دیگر، خطاهای شناختی پیشران اصلی بسیاری از پیامدهای منفی در صنعت بتن محسوب می‌شوند و شناسایی این زنجیره، نخستین گام برای پیشگیری از آنهاست.

با توجه به پیچیدگی شناختی وظایف اپراتور بچینگ، انتخاب روش مناسب برای تحلیل وظایف شناختی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اگرچه روش‌های دیگری مانند روش استخراج دانش مبتنی‌بر مرور رویدادهای بحرانی (Critical Decision Method/CDM) و تحلیل شناختی کار (Cognitive Work Analysis/CWA) در این حوزه

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

وجود دارند، اما هر کدام محدودیت‌هایی دارند که استفاده از آنها را در شرایط میدانی با محدودیت زمانی و دسترسی محدود به اپراتورها دشوار می‌سازد. روش CDM مبتنی‌بر رویدادهای بحرانی بوده و ممکن است تمامی ابعاد وظایف روزمره را پوشش ندهد [۹]، و روش CWA اگرچه دیدگاه سیستمی جامعی ارائه می‌دهد، اما پیاده‌سازی آن در محیط‌های صنعتی با شرایط عملیاتی پیچیده، دشوار و زمانبر است [۱۰]. در مقابل، تحلیل شناختی-کاربردی وظیفه (Applied Cognitive Task Analysis/ACTA) یک روش ساختاریافته، کارآمد و مقرون‌به‌صرفه است که به‌طور خاص برای کاربرد در محیط‌های عملیاتی طراحی شده و نیازی به تخصص گسترده در حوزه روان‌شناسی شناختی ندارد [۱۱]. این روش با ترکیب سه مرحله مصاحبهٔ هدفمند در قالبی اجرایی، امکان شناسایی سریع و سیستماتیک وظایف دشوار شناختی، راهبردهای مقابله با آنها و خطاهای بالقوه را در شرایط واقعی کاری فراهم می‌کند. انتخاب ACTA در مطالعهٔ حاضر با توجه به ویژگیهای خاص شغل اپراتور بچینگ مانند نیاز به شناسایی جنبه‌های آشکار و پنهان وظایف در یک محیط عملیاتی با فشار زمانی بالا، ضرورت کشف راهبردهای ضمنی اپراتورهای خبره که در دستورالعمل‌های مکتوب وجود ندارد، و محدودیت دسترسی به اپراتورها در زمان شیفت کاری و لزوم اجرای مصاحبه در کوتاه‌ترین زمان ممکن، توجیه می‌شود.

باوجود اهمیت موضوع، مرور منابع موجود نشان می‌دهد که مطالعات پیشین در حوزهٔ تولید بتن عمدتاً بر جنبه‌های فیزیکی و ارگونومیک شاغلان متمرکز بوده‌اند [۲]. در حوزهٔ ساخت‌وساز، پژوهش‌هایی به تحلیل شناختی مشاغل مشابه پرداخته‌اند؛ به‌عنوان مثال، تحقیقات نشان داده است که حتی امور بنایی، علی‌رغم ظاهر فیزیکی، نیازمند پردازش‌های شناختی پیچیده‌ای ازجمله برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری لحظه‌ای هستند [۱۲]. همچنین، مطالعاتی با استفاده از روش‌های تحلیل شناختی (مانند CDM) به بررسی ایمنی کارگران ساختمانی پرداخته و نشان داده‌اند که خطاهای شناختی نقش مهمی در بروز حوادث دارند [۱۳]. پژوهش‌های جدیدتر نیز با استفاده از مدل‌سازی شناختی، تأثیر همکاری با ربات‌ها را بر بار شناختی کارگران در ساخت‌وساز مدولار بررسی کرده‌اند [۱۴] و رویکردهای تجربی برای سنجش توانایی‌های شناختی کارگران در محیط‌های ساخت‌وساز توسعه یافته است [۱۵]. بااین‌حال، تا جایی که نگارندگان بررسی کرده‌اند، مطالعه‌ای که به‌طور خاص با استفاده از روش تحلیل شناختی-کاربردی وظیفه (ACTA) به تحلیل سیستماتیک وظایف شناختی اپراتور بچینگ در محیط واقعی کارخانه پرداخته باشد، یافت نشد. این خلأ پژوهشی، انگیزهٔ اصلی انجام مطالعهٔ حاضر است. مطالعهٔ حاضر از دو جنبه دارای نوآوری است: نخست آنکه برخلاف پژوهش‌های پیشین که عمدتاً بر عوامل فیزیکی متمرکز بوده‌اند، این پژوهش برای نخستین بار به‌طور سیستماتیک به لایه‌های پنهان شناختی شغل اپراتور بچینگ در محیط واقعی کارخانه می‌پردازد. دوم آنکه از روش تحلیل شناختی-کاربردی وظیفه(ACTA) استفاده می‌کند که در حوزهٔ صنعت بتن تاکنون به‌کار گرفته نشده است. یافته‌های این پژوهش که در قالب جداول و نمودارها هستند، می‌توانند کاربردهای عملی مهمی ازجمله بهبود برنامه‌های آموزشی، طراحی ارگونومیک ایستگاه‌های کاری، توزیع عادلانه بار کاری و در نهایت کاهش خطرات ایمنی در صنعت تولید بتن داشته باشند.

روش کار

این مطالعهٔ کیفی در سال ۱۴۰۴ طی چهار ماه در یک مجتمع کارخانه بتن در استان گیلان انجام شد. شرکت‌کنندگان اپراتورهای بچینگ شاغل در این مجتمع بودند. تعداد کل اپراتورهای بچینگ شاغل در این مجتمع ۱۴ نفر بود. معیارهای ورود به مطالعه شامل اشتغال به‌عنوان اپراتور بچینگ و تمایل به مشارکت در پژوهش بود. روش نمونه‌گیری از نوع هدف‌مند و با رعایت حداکثر تنوع در متغیرهایی نظیر سابقهٔ کار، سن، وضعیت تأهل و سطح تحصیلات بود.

حجم نمونه براساس اشباع داده‌ها تعیین شد. اشباع داده‌ها زمانی حاصل شد که مصاحبه‌های جدید اطلاعات تازه‌ای در ارتباط با موارد شناختی به پژوهش اضافه نکرد و مفاهیم قبلی تکرار شدند. برای احراز این اشباع، فرایند کدگذاری و تحلیل به‌صورت هم‌زمان با جمع‌آوری داده‌ها انجام شد تا پژوهشگران بتوانند در هر مرحله تشخیص دهند که آیا داده‌های جدید اطلاعات معناداری به یافته‌ها اضافه می‌کنند یا خیر. اشباع داده‌ها ابتدا پس از انجام هشت مصاحبه حاصل شد؛ به‌این معنا که یافته‌های به‌دست آمده عمدتاً تأییدکنندهٔ یافته‌های قبلی بودند. بااین‌حال، برای اطمینان بیشتر از اشباع، دو مصاحبه تکمیلی با اپراتورهای دیگر انجام شد که در آنها نیز مفهوم جدیدی شناسایی نشد و در نتیجه، اشباع داده‌ها تأیید نهایی گردید. سعی شد تنوع مصاحبه شوندگان براساس سابقهٔ

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

کار، سن، وضعیت تأهل و سطح تحصیلات درنظر گرفته شود.

برای تکمیل و اعتبارسنجی اطلاعات جمع‌آوری‌شده از اپراتورها، از نظرات تکمیلی دو نفر از افراد کلیدی کارخانه نیز استفاده گردید. نخست، سرپرست کارگاه که نظارت مستقیم بر عملکرد اپراتورها و هماهنگی کلی تولید را بر عهده دارد، به‌عنوان منبع تأییدکنندهٔ داده‌ها در نظر گرفته شد. از ایشان خواسته شد تا توصیف وظایف و خرده‌وظایف اپراتور (خروجی تحلیل سلسله‌مراتبی) را بررسی و در صورت وجود هرگونه نقص یا ابهام، اصلاح نمایند. دوم، مسئول کنترل کیفیت که دانش تخصصی درزمینهٔ مشخصات فنی بتن (نسبت‌های اختلاط، قوام، اسلامپ و استانداردهای کیفی) دارد، به‌عنوان مشاور تخصصی برای تأیید صحت توصیف فرایند تولید و الزامات کیفی مرتبط با وظایف اپراتور مشارکت داشت. لازم به ذکر است که این دو نفر جزو مشارکت‌کنندگان اصلی پژوهش (اپراتورها) نبوده و داده‌های حاصل از آنان مستقیماً در جداول یافته‌ها وارد نشده است. نقش آنان صرفاً بازبینی و تأیید توصیف وظایف و تکمیل اطلاعات فنی بود که به افزایش دقت و اعتبار یافته‌ها کمک کرد.

در این مطالعه، معیار سابقهٔ کار به‌عنوان شاخص اصلی خبرگی در نظر گرفته شد. براساس طبقه‌بندی انجام‌شده در مطالعات پیشین حوزهٔ تحلیل وظیفهٔ شناختی [۱۶]، اپراتورهای با سابقهٔ کار ۱۰ سال و بیشتر به‌عنوان اپراتور خبره و اپراتورهای با سابقهٔ کار کمتر از ۷ سال به‌عنوان اپراتور کم‌تجربه دسته‌بندی شدند. این آستانه براساس توزیع داده‌های جمعیت‌شناختی مطالعه (میانگین سابقهٔ کار ۱۰ سال با دامنهٔ ۳ تا ۱۸ سال) و نیز براساس اجماع نظری در حوزهٔ خبرگی که معمولاً ۱۰ سال یا ۱۰،۰۰۰ ساعت تمرین را آستانهٔ خبرگی در نظر می‌گیرد [۱۷]، انتخاب گردید. بر این اساس، از میان ۱۰ شرکت‌کننده، ۵ نفر خبره (با سابقهٔ کار ۱۰ تا ۱۸ سال) و ۳ نفر کم‌تجربه (با سابقهٔ کار ۳ تا ۶ سال) شناسایی شدند. دو شرکت‌کننده با سابقهٔ کار ۷ سال نیز به‌عنوان گروه میانی (با تجربهٔ متوسط) در نظر گرفته شدند.

گردآوری داده‌ها با استفاده از دو روش انجام شد. در مرحلهٔ نخست، تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه (Hierarchical Task Analysis/HTA) به‌کار گرفته شد. این روش معتبر و دارای پایایی توسط جان آنت (John Annet) و همکاران در فاصلهٔ سال‌های ۱۹۶۷ تا ۱۹۷۱ توسعه یافته [۱۸] و یکی از پرکاربردترین ابزارهای تحلیل وظیفه به‌شمار می‌رود. هدف از تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه تبیین وظایف، خرده‌وظایف و فعالیت‌های شغلی در قالب یک ساختار سلسله‌مراتبی است [۱۹]. به‌منظور اجرای این روش، داده‌ها ازطریق مشاهدهٔ مستقیم وظایف، مصاحبه با اپراتورها، بررسی اطلاعات فرایند کاری و دستورالعمل‌های موجود گردآوری شد. پس از سازمان‌دهی و تحلیل داده‌ها، نمودار تحلیل سلسله‌مراتبی وظایف ترسیم گردید. تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه به‌عنوان یک پیش‌نیاز ضروری برای اجرای تحلیل شناختی-کاربردی وظیفه انجام شد. اگرچه تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه به‌تنهایی یک روش تحلیل وظیفه محسوب می‌شود، اما در این پژوهش، هدف از اجرای آن صرفاً تهیهٔ نقشه راهی جامع از وظایف و خرده‌وظایف اپراتور بود تا به‌عنوان ورودی مرحلهٔ اول تحلیل شناختی-کاربردی وظیفه مورد استفاده قرار گیرد. به‌عبارت دیگر، تحلیل سلسه مراتبی به پژوهشگر و اپراتورها کمک کرد تا پیش از ورود به تحلیل‌های شناختی عمیق‌تر، درک مشترکی از ساختار کلی وظایف، ترتیب انجام آنها و وابستگی‌های متقابل بین وظایف پیدا کنند. دلایل تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه برای پژوهش حاضر شامل کاهش بار شناختی اپراتورها در مصاحبه‌ها (زیرا اپراتورها با داشتن نمودار تحلیل وظیفه، دیگر نیازی به توضیح مجدد کلیات وظایف نداشتند و مستقیماً بر روی جنبه‌های دشوار شناختی متمرکز شدند)، افزایش دقت در شناسایی وظایف شناختی دشوار (چهارچوب سلسله‌مراتبی به اپراتورها کمک کرد تا همهٔ وظایف را به‌صورت سیستماتیک مرور کنند و هیچ وظیفه‌ای را از قلم نیندازند) و تسهیل مصاحبهٔ شبیه‌سازی (برای درک روشن از توالی وظایف و نقاط تصمیم‌گیری) بود.

در مرحلهٔ دوم، از روش تحلیل وظیفه شناختی-کاربردی استفاده شد. این روش که توسط میلیتلو و هاتون (Militello & Hutton) در سال ۱۹۹۷ ارائه شده است [۱۱]، شیوه‌ای ساده و معتبر بوده و یکی از پرکاربردترین روش‌های تحلیل وظیفهٔ شناختی است که به‌دلیل قابلیت کاربرد در حوزه‌های متنوع، مقبولیت گسترده‌ای یافته است. این روش ساختاریافته برای درک و تحلیل وظایف شناختی پیچیده به‌کار می‌رود. تحلیل وظیفه شناختی-کاربردی شامل یک بستهٔ مصاحبه‌ای سه‌مرحله‌ای است که عبارت‌اند از: ۱- ترسیم نمودار وظیفه و شناسایی وظایف شناختی دشوار، ۲- مصاحبهٔ ممیزی دانش (Knowledge Audit) با هدف تعیین علل دشواری وظایف، توانایی‌های شناختی مورد استفاده و راهبردهای به‌کاررفته، و ۳- مصاحبهٔ شبیه‌سازی (Simulation Interview) که در آن با ارائهٔ یک سناریوی چالش‌برانگیز، دیدگاه‌ها و راه‌حل‌های مشارکت‌کنندگان استخراج می‌شود. در نهایت، جدول نیازهای شناختی به‌عنوان خروجی نهایی این فرایند ارائه می‌گردد.

پس از اخذ مجوزهای لازم از کمیتهٔ اخلاق دانشگاه و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

کارخانهٔ محل انجام تحقیق، یکی از پژوهشگران در کارخانهٔ بتن مورد مطالعه مستقر شد و به مشاهدهٔ ایستگاه کاری بچینگ، فرایند انجام کار و مطالعه دستورالعمل‌ها پرداخت. هدف پژوهش برای کارکنان تبیین شد و پرسش‌هایی در خصوص وظایف آنان در یک چرخه کاری مطرح گردید. در نهایت، با هماهنگی اپراتورها و سرپرست کارخانه، فهرستی جامع از وظایف، خرده وظایف و فعالیت‌های اپراتور بچینگ تهیه شد و براساس آن، نمودار تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه ترسیم گردید.

در گام دوم، تحلیل وظیفهٔ شناختی-کاربردی اجرا شد. ابتدا نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی (خروجی گام اول) به اپراتورها ارائه شد و از آنان خواسته شد وظایفی را که ازنظر ذهنی دشوار بوده یا اجرای آنها مستلزم تجربهٔ بیشتر است، مشخص کنند. سپس، با استفاده از پرسش‌های پایه شامل «چرا این وظیفه دشوار است؟»، «راهبردهای شما برای انجام این وظیفه چیست؟»، «برای غلبه بر این وضعیت چه اقداماتی انجام می‌دهید؟» و «خطاهای احتمالی یک اپراتور کم‌تجربه چیست؟»، به بررسی عمیق‌تر توانایی‌ها و راهبردهای شناختی پرداخته شد. در ادامه، پرسش‌های مربوط به مصاحبهٔ شبیه‌سازی مطرح گردید؛ به این صورت که از اپراتور خواسته شد یک موقعیت دشوار و چالش‌برانگیز را تصور کند یا به یاد آورد و تصمیم‌ها و قضاوت‌های خود حین آن را شرح دهد. اقدامات لحظه‌ای (اقدامات شما و ترتیب آنها چه بود؟) ، نشانه‌های کلیدی (چگونه متوجه شدید که اوضاع بحرانی است؟ به چه چیزی نگاه کردید یا گوش دادید؟)، ارزیابی وضعیت (در آن لحظه، چه تحلیلی از اوضاع داشتید؟ فکر می‌کردید مشکل از کجاست و چرا؟) و خطاهای احتمالی اپراتورهای کم‌تجربه از مشارکت‌کنندگان پرسیده شد. در صورتی که اپراتور قادر به یادآوری رویداد خاصی نبود، پژوهشگر با استفاده از سناریوهای رایج (براساس مشاهدات میدانی و مصاحبه با سرپرست) مانند خرابی ناگهانی صفحه‌نمایش، گیرکردن میکسر یا قطع ناگهانی برق، موقعیت را برای وی شبیه‌سازی کرد. سپس جدول مصاحبه شبیه‌سازی ایجاد شد. در پایان و با جمع‌بندی اطلاعات، جدول تقاضاهای شناختی ارائه گردید.

در هر سه تحلیل وظیفهٔ شناختی-کاربردی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با پرسش‌های باز برای جمع‌آوری هرچه بهتر اطلاعات انجام شد. مصاحبه‌ها در محیطی آرام و در زمان استراحت اپراتورها، به‌منظور جلوگیری از ایجاد اختلال در کار و حواس‌پرتی ایشان صورت گرفت تا از هرگونه فشار روانی یا احساس نظارت جلوگیری به عمل آید. تعداد ۱۰ مصاحبهٔ نیمه‌ساختارمند انفرادی با هر یک از اپراتورها انجام شد که میانگین زمان آنها ۳۵ دقیقه بود. فرم رضایت آگاهانه توسط شرکت‌کنندگان امضا شد. در این فرم، به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که مشارکت در پژوهش کاملاً داوطلبانه است و ایشان می‌توانند در هر مرحله از مطالعه، بدون هیچ‌گونه عواقب اداری یا شغلی، از ادامهٔ همکاری انصراف دهند. جهت حفظ حریم خصوصی و محرمانگی اطلاعات، تمامی داده‌های خام (شامل فایل‌های صوتی مصاحبه‌ها و یادداشت‌های میدانی) با کد اختصاصی هر شرکت‌کننده ذخیره‌سازی شد و نام و مشخصات هویتی افراد در هیچ‌یک از مراحل تحلیل و گزارش‌دهی ذکر نشد. همچنین، دسترسی به داده‌های خام صرفاً در اختیار تیم تحقیق قرار داشت.

پیش از شروع، عملکرد دستگاه ضبط صدا بررسی گردید. یک راهنمای مصاحبه از قبل به‌منظور سازمان‌دهی بهتر فرایند مصاحبه تهیه شد. مصاحبه‌ها با سؤال دربارهٔ مشخصات جمعیت‌شناختی آغاز و سپس سؤالات اصلی براساس روش ارزیابی وظیفه شناختی-کاربردی مطرح گردید. در طول مصاحبه، پژوهشگر تلاش کرد بیشتر شنونده باشد تا گوینده و در صورت لزوم، یادداشت‌برداری انجام داد. در عین حال، مصاحبه سعی در حفظ تسلط خود بر جریان مصاحبه داشت [۲۰]. متن پیاده‌سازی‌شده هر مصاحبه به شرکت‌کننده نشان داده شد و پس از تأیید، با استفاده از روش تحلیل محتوای قراردادی (Conventional content analysis) [۲۱] مورد تحلیل قرار گرفت. تحلیل محتوای قراردادی به‌عنوان روشی استقرایی، امکان شناسایی کدها، زیرطبقات و طبقات را مستقیماً از داده‌های خام فراهم می‌آورد. در این مطالعه، داده‌های حاصل از ACTA شامل سه مرحلهٔ تحلیل سلسله‌مراتبی، مصاحبهٔ ممیزی دانش و مصاحبهٔ شبیه‌سازی، به‌عنوان متن خام ورودی فرایند تحلیل محتوا در نظر گرفته شدند. به‌عبارت دیگر، ACTA به‌عنوان روش گردآوری داده‌ها عمل کرد و تحلیل محتوای قراردادی، روش تحلیل داده‌ها بود.

فرایند تحلیل به این صورت انجام شد که ابتدا تمامی مصاحبه‌ها کلمه‌به‌کلمه پیاده‌سازی و به‌عنوان واحد تحلیل در نظر گرفته شدند. پس از تأیید متن مصاحبه‌ها توسط شرکت‌کنندگان، پژوهشگر با مطالعهٔ مکرر متن، اقدام به کدگذاریِ باز نمود؛ به این معنا که قطعات معنادار از متن (کلمات، جملات یا پاراگراف‌ها) با برچسب‌هایی (کدها) مشخص شدند. برای مثال، جمله «وقتی مانیتور خراب

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

می‌شود، باید از روی صدای دستگاه بفهمم اوضاع چطور است» با کد «تشخیص خرابی از روی صدا» برچسب‌گذاری شد. این مرحله با نرم‌افزار MaxQDA انجام شد. کدهای استخراج‌شده براساس شباهت‌های مفهومی در زیرطبقات دسته‌بندی شدند و سپس زیرطبقات مرتبط در قالب طبقات اصلی سازمان‌دهی گردیدند. به‌عنوان مثال، تمامی کدهای مرتبط با کار با پانل کنترل، تشخیص صداها و نظارت بر سیستم در زیرطبقهٔ وظایف نظارتی و نهایتاً در طبقه اصلی وظایف شناختی دشوار قرار گرفتند. در نهایت، خروجی این تحلیل به‌صورت نمودار تحلیل سلسله‌مراتبی و سه جدول اصلی شامل جدول ممیزی دانش، جدول مصاحبهٔ شبیه‌سازی و جدول نیازهای شناختی ارائه گردید که هر کدام نشان‌دهندهٔ سطح مشخصی از تحلیل و دسته‌بندی داده‌ها هستند. به‌عنوان مثال، برای تدوین جدول نیازهای شناختی، ابتدا تمامی کدهای مرتبط با وظایف دشوار استخراج، سپس دلایل دشواری، نشانه‌های بحرانی، راهبردهای مقابله و خطاهای رایج برای هر کد، از میان زیرطبقات و طبقات مرتبط استخراج و در قالب جدول نهایی سازمان‌دهی شدند. جهت افزایش دقت و پایایی تحلیل، دو عضو تیم پژوهش به‌صورت مستقل اقدام به کدگذاری نموده و در موارد اختلاف (کمتر از ۱۰ درصد موارد)، با بحث و توافق به کد نهایی رسیدند. همچنین، برای تأیید یافته‌ها، از روش بازخورد به شرکت‌کنندگان (Member check) استفاده شد؛ بدین معنا که خلاصهٔ یافته‌ها و جدول نهایی نیازهای شناختی به اپراتورها ارائه و صحت آن‌ها تأیید گردید.

برای تضمین اعتمادپذیری یافته‌های کیفی، چهار معیار لینکلن و گوبا [۲۲] مورد توجه قرار گرفت. افزایش باورپذیری یافته‌ها با سه راهکار درگیری طولانی‌مدت پژوهشگر با محیط تحقیق (حضور مستمر در کارخانه و آشنایی کامل با فرایند کار)، مثلث‌سازی منابع داده (استفادهٔ هم‌زمان از مصاحبه با اپراتورها، مشاهدهٔ مستقیم، مصاحبه با سرپرست و مسئول کنترل کیفیت، و بررسی دستورالعمل‌های کاری)، و بازخورد به شرکت‌کنندگان (ارائهٔ خلاصهٔ یافته‌ها و جداول نهایی به اپراتورها و بررسی صحت آنها) تأیید شد. برای اطمینان‌پذیری بیشتر، کدگذاری مستقل توسط دو عضو تیم تحقیق انجام شد و میزان توافق بین دو کدگذار بیش از ۹۰ درصد بود. همچنین، همهٔ مراحل پژوهش از جمع‌آوری داده تا تحلیل نهایی با ذکر جزئیات کامل تشریح شد. برای اطمینان از تأییدپذیری، نمونه‌هایی از نقل‌قول‌های مستقیم شرکت‌کنندگان آورده شده است. جهت اطمینان از انتقال‌پذیری، گرچه یافته‌های کیفی به‌طور مستقیم قابل‌تعمیم نیستند، اما برای کمک به قضاوت خواننده در مورد قابلیت انتقال، شرح غنی از زمینه پژوهش (محیط کارخانه، مشخصات شرکت‌کنندگان، فرایند کار و شرایط اجرا) ارائه گردید.

کنترل سوگیری احتمالی پژوهشگر جمع‌آوری‌کنندهٔ اطلاعات با یادداشت‌نویسی تأملی در خصوص پیش‌فرض‌ها و انتظارات اولیهٔ خود را دربارهٔ شغل اپراتور بچینگ ازجمله تصور اولیه دربارهٔ سختی کار، منابع استرس و عوامل مؤثر بر خطا انجام شد تا در طول پژوهش، آگاهانه مراقب تأثیر این پیش‌فرض‌ها بر برداشت‌های خود باشد. همچنین پژوهشگر در طول مصاحبه‌ها، بیشتر شنونده بود تا گوینده و از پرسش‌های جهت‌دار یا القایی خودداری کرد ضمناً فرایند کدگذاری توسط دو محقق به‌صورت مستقل انجام شد تا سوگیری فردی در شناسایی کدها و طبقات کاهش یابد.

یافته ها

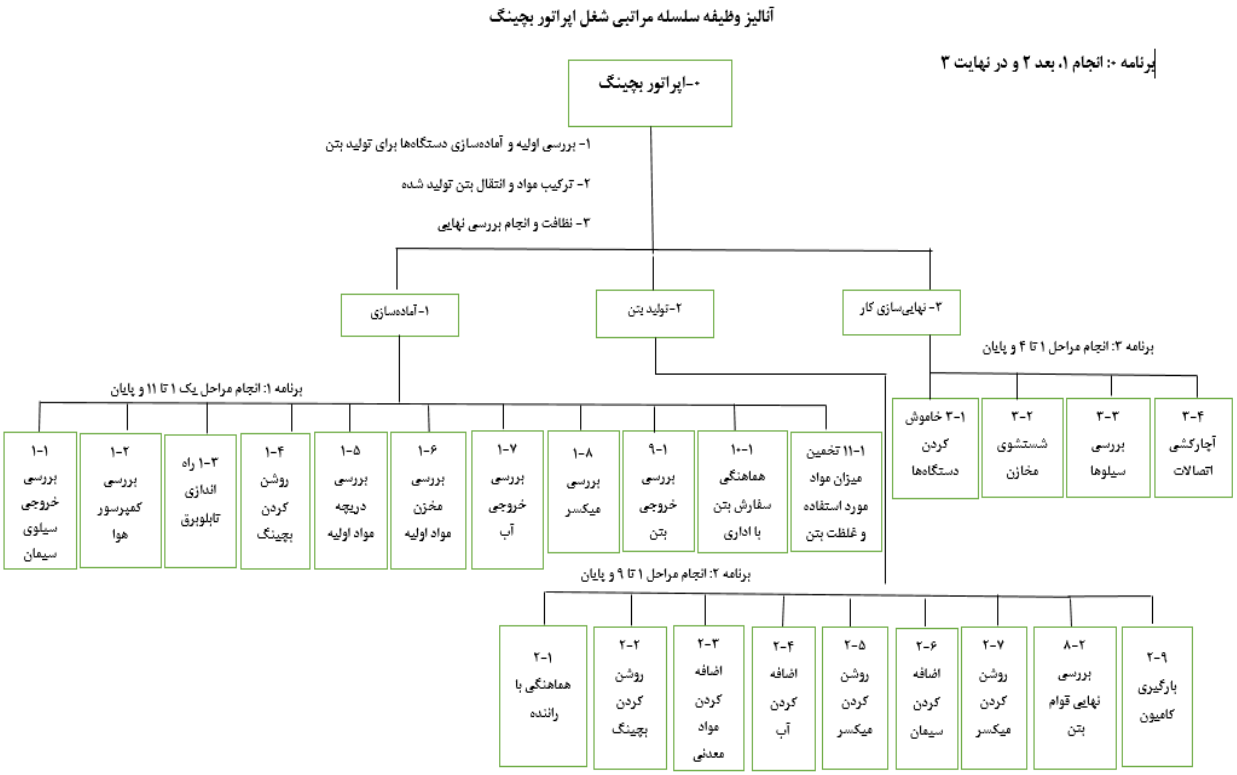
تمامی شرکت‌کنندگان در این مطالعه مرد بودند، در شیفت کاری ثابت روز فعالیت داشتند و وضعیت اشتغال ایشان به‌صورت قراردادی بود. جدول شمارهٔ ۱ نشان‌دهندهٔ ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان است.

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان

کد شرکت‌کننده	سن	سابقهٔ کار (سال)	سطح تحصیلات	وضعیت تأهل
۱	۴۶	۶	دیپلم	متأهل
۲	۴۵	۱۵	لیسانس	متأهل
۳	۵۲	۱۴	دیپلم	متأهل
۴	۴۶	۷	دیپلم	متأهل
۵	۴۹	۶	سیکل	متأهل
۶	۴۷	۱۸	پنجم ابتدایی	متأهل
۷	۳۳	۶	دیپلم	مجرد
۸	۳۱	۳	پنجم ابتدایی	مجرد
۹	۳۸	۱۰	لیسانس	متأهل
۱۰	۴۸	۱۵	سیکل	متأهل

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

همان‌طور که اشاره شد، در گام اول تحلیل سلسله‌مراتبی وظایف اپراتور بچینگ انجام گرفت. شکل ۱ نشان‌دهندهٔ خروجی تحلیل سلسله‌مراتبی وظایف اپراتور بچینگ است.



شکل ۱. تحلیل سلسله‌مراتبی وظایف اپراتور بچینگ

با توجه به خروجی تحلیل سلسله‌مراتبی وظیفه که به شکل نمودار و متن به شرکت‌کنندگان ارائه گردید، وظایف و مهارت‌هایی که ازنظر ذهنی دشوار بودند توسط ایشان انتخاب شدند. خروجی این مورد به‌صورت جدول ممیزی دانش ارائه شد (جدول ۲).

جدول ۲. جدول ممیزی دانش

جنبهٔ کاری مد نظر	نشانه‌ها و استراتژی‌ها	دلیل دشواری
اطمینان از قوام بتن	محاسبهٔ دقیق مقادیر و نسبت مواد، انجام گام به گام فعالیت‌ها	وجود مواد معدنی با ویژگی‌های متنوع، تأثیر شرایط متغیر رطوبت و دما بر بتن، نیاز به قضاوت دقیق در نظارت چشمی.
اضافه‌کردن مواد اولیه	مطالعهٔ گزارش دما و رطوبت، رجوع به استانداردها، عدم تصمیم‌گیری عجولانه	نیاز به پایش مداوم ترکیب، تغییرات مداوم محیطی، نیاز به دقت بسیار زیاد، حساسیت زیاد کار، نیاز به محاسبات دقیق مواد و نسبت سیمان به آب
بررسی عملکرد دستگاه‌ها	راه‌اندازی آزمایشی، گوش دادن به صدای دستگاه‌ها	نیاز به آشنایی با صداهای مختلف هر دستگاه و مفهوم آن، نیاز به دانش و مهارت فنی تشخیصی
زمان‌بندی ترکیب مواد	داشتن سرعت عمل، قضاوت سریع و زمان‌بندی دقیق	کار تحت فشار زمانی زیاد، الزامات کاری زیاد، نیاز به قضاوت دقیق و لحظه‌ای درمورد کیفیت مواد
بارگیری کامیون	هماهنگی لحظه‌ای و برنامه‌ریزی شده، حفظ آرامش	هم‌زمانی امور تولید و بارگیری، لزوم تحمل فشار روانی از سوی افراد بالادستی، دفعات زیاد بارگیری در طول روز
کار با پنل کاربری	پیروی از دستورالعمل‌ها، سؤال پرسیدن در صورت لزوم	نیاز به کارکردن هم‌زمان با کنترل‌ها، امکان فراموشی توالی استفاده از کنترل‌ها، وجود تعداد زیاد کنترل هم‌شکل و نشانگرها، امکان خرابی کنترل‌ها، غیر قابل‌جبران بودن کاربرد اشتباه کنترل‌ها
مواجهه با خطاهای سیستم و پنل	حفظ آرامش و تمرکز، داشتن برنامه قبلی، گوش دادن به صداها، درخواست کمک	نیاز به تصمیم‌گیری سریع، استرس زا بودن شرایط، لزوم داشتن مهارت لازم برای فعالیت دستی با سیستم، قدیمی بودن دستگاه‌ها، تنوع صداهای دستگاه‌ها

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

در مرحلهٔ بعدی، مصاحبهٔ شبیه‌سازی صورت گرفت. تعداد ۱۰ رویداد بحرانی، اقدامات لازم برای واکنش به آنها، توصیف موقعیت، نشانهٔ بحرانی، خطاهای محتمل در این جدول شرح داده شده‌اند. جدول شمارهٔ ۳ نشان‌دهندهٔ جدول مصاحبهٔ شبیه‌سازی است.

جدول ۳. جدول مصاحبهٔ شبیه‌سازی

رویداد	اقدام	ارزیابی موقعیت	نشانهٔ بحرانی	خطاهای محتمل
گیرکردن میکسر حین اضافه‌کردن آب	حل مشکل با ضربه زدن، حفظ خونسردی	ممکن است مانعی در میکسر باشد	صدای دستگاه، زنگ هشدار دستگاه	هول‌شدن و فشردن دکمهٔ اشتباه، بازکردن دریچهٔ اشتباه، تشخیص اشتباه صداهای دستگاه، واکنش دیرهنگام
از کار افتادن و خرابی صفحه‌نمایش	نظارت بر ترکیب مواد از دریچه، ارزیابی دائم و مکرر شرایط، تماس با پرسنل کنترل کیفی، برآورد ذهنی میزان مواد	ممکن است جریان برق نوسان کرده یا مشکلی در سیستم باشد.	عدم دریافت داده از صفحه‌نمایش	ممکن است افراد تازه‌کار بچینگ را خاموش کنند، هول شده و دکمهٔ اشتباهی را فشار دهند، خاموش‌کردن میکسر، ناتوانی در نظارت چشمی بر کیفیت بتن
شل یا سفت‌شدن بتن	نظارت دقیق، کاربرد به‌جا و به‌اندازهٔ افزودنی، افزایش یا کاهش سرعت دستگاه، تخمین چشمی کیفیت بتن، نظارت مداوم	احتمالاً قوام بتن به‌اندازهٔ مطلوب نیست	بتن بسیار خمیری یا آبکی به‌نظر می‌رسد.	اشتباه در افزودن آب، اشتباه در افزودین مواد معدنی، متوقف‌کردن بچینگ، اشتباه در توالی اضافه‌کردن مواد، ممکن است شاغلان تازه‌کار کیفیت بتن را نشناسند، ممکن است واکنش دیر داشته باشند، ممکن است قوم مدنظر را فراموش کنند، ممکن است کورکورانه از صفحه‌نمایش تبعیت کرده و شکل بتن را در نظر نگیرد.
سردرگمی اپراتور به‌دلیل هم‌زمانی وظایف	مراجعه به دستورالعمل‌ها، استفاده از تجربه، حفظ آرامش، انجام گام به گام وظایف	هم‌زمانی وظایف باعث گیج‌شدن اپراتور شده است.	اپراتور وظایف را درست انجام نداده یا دستگاه و بتن مشکل‌دار شدند.	اشتباه و فشردن دکمهٔ غلط، شناسایی اشتباه دکمه‌ها توسط اپراتور کم‌تجربه، ناتوانی در حفظ توجهِ تقسیم‌شده و هم‌زمان به چند عامل، توجه بیش از حد به یک عامل و بی‌توجهی به عوامل دیگر، باز گذاشتنِ دریچه‌ها و فراموشی آن.
خرابی شیر هوا	درخواست از همکاران برای بستن آن از طبقهٔ پایین، حفظ آرامش	شیر هوا به هر دلیلی کار نکرده و دستگاه عملکرد طبیعی ندارد.	عدم باز و بسته‌شدن شیر هوا	خاموش‌کردن بچینگ، ازدست‌دادن تمرکز، فشردن کلیدهای غیرمرتبط
قطع و وصل ناگهانی جریان برق	تنظیم مجدد دستگاه‌ها، راه‌اندازی مجدد میکسر، حفظ آرامش، استفاده از سیستم کنترل دستی	با قطع جریان برق دستگاه و صفحه‌نمایش از کار افتاده‌اند.	دستگاه کلاً خاموش شده است.	ممکن است که شاغلان تازه‌کار خاموش یا روشن‌کردن دستگاه را فرموش کنند، یا اینکه هول شده و بتن را در همان حالت تخلیه کنند.
برخورد یا گیرکردن جعبه دنده بالابر به مخزن	فشردن دکمهٔ توقف اضطراری، درخواست کمک از رانندهٔ دراگ لاین، توجه به صداها، ازسرگیری تولید	سیستم به‌دلیل برخورد اجزا دچار مشکل شده و باید متوقف شود.	صدای خاص دستگاه، نظارت بر دستگاه	ممکن است شاغلان تازه‌کار مشکل جعبه دنده را تشخیص ندهند، ممکن است بازکردن شیر هوا قبل از بازکردن دریچه را فراموش کنند، ممکن است در بازرسی اشتباه کنند.
خرابی کنترل‌ها	تغییر سریع به وضعیت خودکار یا دستی، حفظ آرامش، درخواست کمک از همکاران	کنترل‌های دستی یا پنل خودکار از کار افتاده‌اند، درحالی‌که اپراتور باید سریعاً تصمیم بگیرد.	کنترل فرمان را به سیستم منتقل نمی‌کند.	کاربرد اشتباه کنترل دیگر، به هم زدن تنظیمات دستگاه و از دست رفتن بتن
ایجاد مشکل در عملکرد میکسر	فشردن دکمهٔ توقف اضطراری، توجه به	میکسر دچار مشکل شده و سیستم باید	مشاهدهٔ از صفحه‌نمایش	اقدام خودسرانه، ادامهٔ فعالیت میکسر و خرابی کل سیستم، واکنش دیرهنگام به مشکل

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

	صداها، درخواست کمک	متوقف شود.		
از کار افتادن سیستم کنترل مرکزی	تماس با پرسنل کنترل کیفی، تغییر کارکرد سیستم به وضعیت دستی	غیرفعال‌شدن سیستم کنترل مرکزی حین تولید	مشاهدهٔ از صفحه‌نمایش	ممکن است افراد تازه‌کار اتکای بیش از حد به سیستم خودکار داشته باشند. ممکن است ایشان نتوانند سیستم را به‌صورت دستی کنترل کنند. توقف بی‌مورد تولید و از دست رفتن بتن

در نهایت، جدول نیازهای شناختی (جدول ۴) برای وظایف اپراتورهای بچینگ ایجاد گردید. این جدول که به‌نوعی جمع‌بندی یافته‌های مراحل قبلی است، به الزامات دشوار شناختی، دلیل دشواری، نشانه‌های بحرانی و استراتژی‌های شناختی به‌همراه خطاهای مرسوم اشاره دارد. دستیابی به کیفیت و قوام خاصی از بتن با توزین مناسب مصالح و آب مهم‌ترین و پرتکرارترین مورد دشوار شناختیِ گزارش‌شده برای اپراتورهای بچینگ بود. در فرایند تحلیل محتوای قراردادی، تمامی مصاحبه‌ها خط‌به‌خط کدگذاری شدند. با توجه به ساختار پرسش‌های روش تحلیل شناختی وظیفه (شامل شناسایی وظایف دشوار، دلایل دشواری، نشانه‌ها و راهبردها و خطاها)، کدهای استخراج‌شده در قالب پنج طبقهٔ اصلی دسته‌بندی شدند. این طبقات عبارت‌اند از وظایف شناختی دشوار، دلایل دشواری شناختی، نشانه‌های بحرانی، راهبردهای شناختی مقابله و خطاهای رایج. از مجموعِ ۱۰ مصاحبه، ۳۸۹ کد اولیه استخراج شد که پس از ادغام موارد مشابه، به ۶۷ کد نهایی کاهش یافت. این کدها در ۱۴ زیرطبقه و نهایتاً ۵ طبقهٔ اصلی سازمان‌دهی شدند. در نهایت، جدول نیازهای شناختی (جدول ۴) با تلفیق این طبقات و با ساختار ۴ ستونی (مورد دشوار شناختی، دلیل دشواری، نشانه‌های بحرانی و استراتژی‌های شناختی، خطاهای رایج) تدوین گردید.

برای تکمیل جدول ۴، ابتدا وظایف دشوار شناسایی‌شده در ممیزی دانش با رویدادهای بحرانی مصاحبهٔ شبیه‌سازی مقایسه و ادغام شدند و مواردِ دارای همپوشانی در یک تقاضای شناختی واحد تجمیع گردیدند. ستون مورد دشوار شناختی در جدول ۴ از ستون جنبهٔ کاری مد نظر در جدول ۲ و ستون رویداد در جدول ۳ استخراج گردید. ستون دلیل دشواری در جدول ۴ مستقیماً از ستون دلیل دشواری در جدول ۲ اقتباس شد و در مواردی که مصاحبهٔ شبیه‌سازی اطلاعات تکمیلی ارائه داده بود، با آنها تکمیل گردید. ستون نشانه‌های بحرانی و استراتژی‌های شناختی» در جدول ۴ حاصل تلفیق ستون نشانه‌ها و استراتژی‌ها در جدول ۲ و ستون‌های نشانهٔ بحرانی و اقدام در جدول ۳ است. به‌عنوان مثال، نشانهٔ بحرانی صدای دستگاه از جدول ۳ با استراتژی گوش دادن به صدای دستگاه از جدول ۲ ترکیب شده و در جدول ۴ تحت عنوان گوش‌کردن به صدای دستگاه، پایش مداوم سیستم درج گردیده است. ستون خطاهای رایج در جدول ۴ از تلفیق ستون خطاهای محتمل» در جدول ۲ و ستون خطاهای محتمل در جدول ۳ که خطاهای خاص هر سناریوی بحرانی را پوشش می‌داد، ایجاد شده است.

جدول ۴. جدول نیازهای شناختی اپراتور بچینگ

مورد دشوار شناختی (تعداد شرکت‌کنندگانی که به آن اشاره کردند)	دلیل دشواری	نشانه‌های بحرانی و استراتژی‌های شناختی	خطاهای رایج
کار با پانل کنترل (۹)	کنترل‌ها هم‌شکل و هم‌اندازه هستند، نزدیک هم قرار داشته و برچست‌گذاری نشده‌اند	دقت و تمرکز در انجام کار، سؤال پرسیدن در صورت ابهام، توجه به دستورالعمل و راهنماها	کاربرد اشتباه کنترل‌ها، فراموشی ترتیب استفاده از کنترل‌ها
تشخیص مشکلات محتمل سیستم (۱۰)	هر صدای دستگاه مفهوم خاصی دارد، اطلاعات زیادی منتقل می‌شود.	گوش‌کردن به صدای دستگاه، درخواست کمک، پایش مداوم سیستم، آمادگی و برنامه‌ریزی قبلی	عدم تشخیص و آشنا نبودن با مفهوم صداها، انواع خطای دستگاه، تشخیص و واکنش دیر هنگام
دستیابی به کیفیت و قوام خاصی از بتن (۴)	تنوع مواد اولیه با ویژگی متفاوت، تأثیر دما و رطوبت، احتمال از کار افتادن سیستم خودکار، زمان کوتاه	نظارت عینی بر کیفیت بتن، مطالعه گزارش دما و رطوبت، تغییر سرعت دستگاه بجای اضافه‌کردن مواد، زمان‌بندی مناسب ترکیب مواد، توجه و چک‌کردن	اضافه‌کردن مقدار زیاد آب، مواد افزودنی و معدنی، اضافه‌کردن مواد در زمان نامناسب، توجه بیش از حد به سنسورها، بی‌توجهی به

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

	تصمیم‌گیری	مداوم فرایند	داده‌ها و نادیده گرفتن تغییر شرایط
انجام چند وظیفه به‌صورت هم‌زمان (۹)	الزامات خاص هر وظیفه، افزایش بار کاری ذهنی	حفظ هوشیاری، دقت و تمرکز بیشتر، اولویت‌بندی وظایف، توانایی ترکیب اطلاعات دریافتی از منابع مختلف	فراموش‌کردن بعضی مراحل انجام کار، توجه بیش از حد به بعضی وظایف و نادیده‌گرفتن دیگری، اجرای فرمان اشتباه
ادامه کار در صورت مواجهه با نقص سیستم (۸)	دشوار به‌نظر رسیدن حالت دستی، نیاز به تصمیم لحظه‌ای اپراتور، فشار زمانی زیاد، نیاز به ترکیب داده‌های زیاد	درخواست کمک از رانندهٔ دراگ‌لاین یا تکنسین‌ها، توزین ذهنی مواد، تنظیم مجدد سیستم درصورت امکان، نظارت مداوم، رجوع به دستورالعمل‌ها، فشردن دکمهٔ توقف اضطراری، داشتن برنامهٔ قبلی برای مواجهه با خطاهای سیستم	خاموش‌کردن دستگاه و خراب‌شدن بتن، هول‌شدن و فشردن بی‌هدف دکمه‌ها، ممکن است افراد تازه‌کار از کار با سیستم دستی ناتوان باشند، اقدام عجولانه.
مواجهه با تغییرات ناگهانی در فعالیت بچینگ (۶)	نیاز به تشخیص سریع تغییرات، نیاز به تطابق سریع، احتمال انتقال اطلاعات اشتباه از سنسورها	توجه هم‌زمان به سنسورها و اطلاعات بازدید، سؤال‌کردن از همکاران، مکث‌کردن برای چند ثانیه و حفظ آرامش	پاسخ دیرهنگام، اقدام با بی‌دقتی، وابستگی بیش از حد به سنسورها
الزام ویژه برای قضاوت درمورد انواع خاصی از بتن مانند بتن زودگیر (۴)	نیاز به مدل‌سازی ذهنی مناسب برای زمان‌بندی دقیق اضافه‌کردن مواد، اطلاعات راهنمایی‌کنندهٔ محدود مانند بو و رنگ	تصمیم‌گیری سریع، تغییر پارامترهایی مانند زمان‌بندی ترکیب و میزان مواد برای دستیابی به قوام مناسب	ممکن است افراد کم‌تجربه از روی رنگ و بوی بتن قادر به تشخیص کیفیت مناسب نباشند.

لازم به ذکر است که در جدول نیازهای شناختی، موارد دشوار شناختی براساس ماهیت ذاتی شغل اپراتور تعریف شده‌اند و از مشکلات طراحی تجهیزات و رابط کاربر تفکیک گردیده‌اند. به‌عنوان مثال، کار با پانل کنترل به‌عنوان یک تقاضای شناختی در نظر گرفته شده است که عبارت است از حافظهٔ کاری قوی، تشخیص الگو و توجه تقسیم شده . اما عواملی نظیر نبودِ برچسب روی دکمه‌ها، هم‌شکل بودن کنترل‌ها و چیدمان نامناسب آنها در این جدول به‌عنوان تقاضای شناختی لحاظ نشده‌اند، بلکه به‌عنوان عوامل زمینه‌ای تشدیدکننده شناخته می‌شوند. این تفکیک براساس تحلیل داده‌ها و با تأکید بر ماهیت شناختی وظایف انجام شده است تا مشخص شود کدام چالش‌ها ریشه در ماهیت شغل و کدام ریشه در طراحی نامناسب ایستگاه کاری دارند.

به‌منظور افزایش شفافیت و اعتبار یافته‌های کیفی، نمونه‌هایی از نقل قول‌های مستقیم شرکت‌کنندگان در رابطه با موارد دشوار شناختی ارائه می‌شود. درزمینهٔ دستیابی به کیفیت و قوام بتن، یکی از اپراتورها با اشاره به تأثیر رطوبت مصالح بر کیفیت نهایی، عنوان کرد: «گاهی ماسه رطوبت داره و نسبت آب باید تغییر کنه، اگر در اون لحظه درست تصمیم نگیرم، کل بار بتن افت کیفیت پیدا می‌کنه».

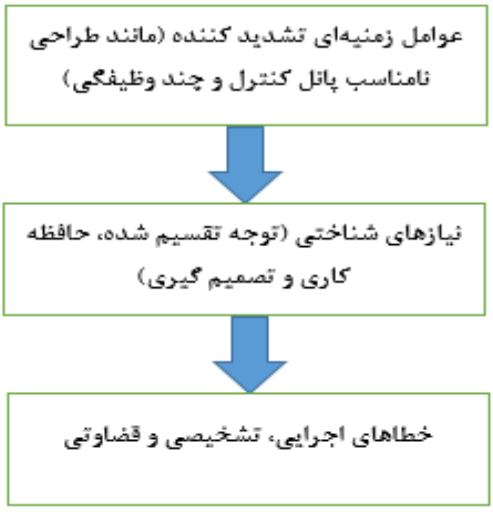
همچنین، اپراتور دیگری در مورد نقش تجربه در تشخیص کیفیت، گفت «تازه‌کارها معمولاً به صوت هشدارها توجه نمی‌کنن یا تأخیر دارن در واکنش... اگه یه اپراتور تازه‌کار باشه، اصلاً متوجه تغییر صدای دستگاه نمی‌شه و تا وقتی که صفحه‌نمایش خطا نده، چیزی نمی‌فهمه». در رابطه با کار با پانل کنترل، یکی از اپراتورها با اشاره به نبودِ برچسب روی کنترل‌ها عنوان کرد «با دکمه‌ها و دریچه‌های مختلف بدون نام‌گذاری روبه‌رو هستیم و از روی تجربه و کار زیاد می‌دونیم کدوم دکمه مربوط به کدوم فرایند». در مورد چندوظیفگی و انجام هم‌زمان وظایف، یکی از اپراتورها به فشار روانی ناشی از هم‌زمانی وظایف اشاره کرد و گفت «هم‌زمان باید هم به صفحه‌نمایش نگاه کنی، هم با راننده‌ها حرف بزنی، هم مواظب باشی که دستگاه صداهای غیرعادی نده». درزمینهٔ تشخیص مشکلات سیستم ازطریق نشانه‌های شنیداری، یکی دیگر از اپراتورها با اشاره به نقش صدا در عیب‌یابی گفت «فهمیدن عیب دستگاه از صدا و نوع کارکردنش مهمه... وقتی دستگاه ارور می‌ده چه تصمیمی بگیریم». در رابطه با ادامه کار در شرایط خرابی سیستم، یکی از اپراتورها با اشاره به اقدامات لحظه‌ای در شرایط قطع برق گفت «وقتی دستگاه یهو می‌پره، باید دستگاه رو ریست کنیم. اگه مصالح در حال تخلیه هست، اول اونو بیاریم پایین و میکسر رو راه بندازیم چون ممکنه اشتباه خالی بشه و بریزه».

تحلیل داده‌ها نشان‌دهندهٔ الگوهایی در ارتباط با متغیر سابقهٔ کار و نوع راهبردهای شناختی مورداستفاده است، به‌طوری که اپراتورهای با سابقهٔ کمتر از ۷ سال (۲ نفر از ۳ اپراتور با این ویژگی)، عمدتاً از راهبردهای مبتنی‌بر مراجعه

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

به دستورالعمل‌ها و پرسش از همکاران استفاده می‌کردند، درحالی‌که اپراتورهای با سابقهٔ بیش از ۱۰ سال (۴ نفر از ۵ اپراتور با این ویژگی)، به‌طور غالب از راهبردهای مبتنی‌بر تشخیص الگو مانند توجه به نشانه‌های ضعیف محیطی تغییر تون صدای دستگاه، بوی مواد، ظاهر بتن و شهود بهره می‌بردند. همچنین، ارتباط درونی میان وظایف شناختی دشوار در جدول نیازهای شناختی نشان می‌دهد که سه وظیفهٔ دستیابی به قوام بتن، تشخیص مشکلات سیستم و ادامهٔ کار در شرایط خرابی، همگی به یک نیاز شناختی هسته (یعنی تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌اطمینان) ختم می‌شوند. به‌عبارت دیگر، علی‌رغم تنوع ظاهری وظایف، همگی نیازمند توانایی اپراتور در جمع‌آوری اطلاعات پراکنده، مقایسه با مدل ذهنی و انتخاب سریع‌ترین و مؤثرترین اقدام هستند. این یافته نشان می‌دهد که مهارت آگاهی موقعیتی نقشی کلیدی در موفقیت اپراتور ایفا می‌کند و می‌تواند به‌عنوان هستهٔ مرکزی برنامه‌های آموزشی مدنظر قرار گیرد.

براساس تحلیل عمیق داده‌ها و ارتباط میان طبقات استخراج‌شده، مدل شناختی زیر ترسیم گردید. این مدل نشان می‌دهد که سه نیاز شناختی توجه تقسیم‌شده، حافظهٔ کاری و تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت چگونه با یکدیگر تعامل دارند و تحت‌تأثیر دو دسته عوامل زمینه‌ای طراحی رابط کاربر و چندوظیفگی سازمانی قرار می‌گیرند. خروجی این تعامل، بروز خطاهای شایع در سه سطح (خطاهای اجرایی، خطاهای تشخیصی و خطاهای قضاوتی) است. شکل ۵ نشان‌دهندهٔ مدل شناختی ترسیم شده است.



شکل ۲. مدل شناختی وظایف اپراتور بچینگ: تعامل نیازهای شناختی و عوامل زمینه‌ای

براساس مدل فوق، توجه تقسیم‌شده به‌عنوان اولین نیاز شناختی، زمینه‌ساز دو نیاز دیگر است؛ به‌طوری که اگر اپراتور نتواند توجه خود را بین منابع مختلف اطلاعاتی (صفحه‌نمایش، صداها، ارتباطات کلامی) تقسیم کند، ورودی‌های لازم برای حافظهٔ کاری و تصمیم‌گیری به‌درستی پردازش نخواهند شد. حافظهٔ کاری نیز به‌عنوان پل ارتباطی بین توجه و تصمیم‌گیری عمل می‌کند؛ زیرا اپراتور باید اطلاعات لحظه‌ای را با دانش قبلی (عیارها، ترتیب کنترل‌ها، ویژگی‌های افزودنی‌ها) ترکیب کند. در نهایت، تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌قطعیت به‌عنوان نیاز نهایی، خروجی دو نیاز قبلی است و کیفیت آن به‌طور مستقیم بر بروز خطاهای سه‌گانه تأثیر می‌گذارد. این مدل نشان می‌دهد که عوامل زمینه‌ای طراحی نامناسب پانل کنترل و چندوظیفگی افراطی نه‌تنها هر یک از نیازهای شناختی را به‌طور مجزا تشدید می‌کنند، بلکه با مختل‌کردن زنجیره تعامل میان این سه نیاز، احتمال بروز خطاهای زنجیره‌ای را افزایش می‌دهند. به‌عنوان مثال، طراحی نامناسب پانل کنترل (نبود برچسب) مستقیماً بر حافظهٔ کاری فشار می‌آورد و هم‌زمان چندوظیفگی افراطی، توجه تقسیم‌شده را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد و در نتیجه، تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی با اختلال مواجه می‌شود.

بحث

این مطالعه با هدف بررسی شرایط کاری اپراتور بچینگ با استفاده از تحلیل شناختی-کاربردی وظایف در یک کارخانهٔ بتن‌سازی انجام شد. وظایف اصلی اپراتور بچینگ شامل آماده‌سازی، تولید بتن و نهایی‌سازی کار بودند. کار با پانل کنترل، تشخیص مشکلات محتمل سیستم، دستیابی به کیفیت و قوام خاصی از بتن، انجام هم‌زمان وظایف، ادامه کار در صورت مواجهه با خرابی ناگهانی سیستم، مواجهه با تغییرات ناگهانی برنامه تولید و لزوم قضاوت درمورد انواع خاصی از بتن مهم‌ترین موارد دشوار شناختی برای اپراتورها بودند. مهم‌ترین استراتژی‌های شناختی برای مقابله با موارد دشوار شناختی شامل حفظ خونسردی، دقت و توجه، مراجعه به دستورالعمل‌ها، درخواست کمک از همکاران و توجه به متغیرهای ایستگاه کار برای تصمیم‌گیری بود. این یافته‌ها به‌روشنی نشان می‌دهد که اپراتور بچینگ یک پردازشگر اطلاعات انسانی است که باید در شرایط پرفشار و با عواقب سنگین خطا، تصمیم‌گیری کند.

یافته‌های جداول ممیزی دانش نیازهای شناختی نشان داد که طراحی نامناسب پانل کنترل (کنترل‌های هم‌شکل،

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

هم‌اندازه، بدون برچسب و فاقد توالی مشخص) یکی از مهم‌ترین منابع دشواری شناختی و خطای انسانی است. اپراتورها گزارش کردند که امکان فراموشی توالی استفاده از کنترل‌ها و غیرقابل جبران بودن کاربرد اشتباه کنترل‌ها از عوامل اصلی استرس و خطا هستند. این یافته با اصول بنیادین ارگونومی شناختی و مدل SRK (Skill-Rule-Knowledge) (مهارت، قانون و دانش) راسموسن همسو است. براساس این مدل، زمانی که طراحی رابط کاربری (مانند پانل کنترل) با اصول نمایش اطلاعات و اصول سلسله‌مراتب کنترل‌ها تطابق نداشته باشد، اپراتور مجبور می‌شود از سطح رفتار مبتنی‌بر قانون یا رفتار مبتنی‌بر دانش که کندتر و خطاخیزتر است، استفاده کند، درحالی‌که یک طراحی خوب به اپراتور اجازه می‌دهد در سطح رفتار مبتنی‌بر مهارت، که سریع و خودکار است، عمل کند [۷]. پانل‌های کنترل با چیدمان نامناسب، تعداد زیاد کنترل‌های یکسان و نبود نشانه‌های بصری، مستقیماً با افزایش نیازهای شناختی و خطاهای ناشی از لغزش و فراموشی مرتبط هستند [۸]. به‌طور خاص، در شرایط اضطراری مانند خرابی ناگهانی سیستم، خطاهای ناشی از فشردن دکمهٔ اشتباه به‌دلیل فقدان تمایز بصری، شایع‌ترین نوع خطا است

یکی از چالش‌برانگیزترین وظایف شناختی شناسایی‌شده در این مطالعه، دستیابی به کیفیت و قوام خاص بتن بود. اپراتورها به عواملی مانند تنوع مواد اولیه، تأثیر دما و رطوبت، زمان کوتاه تصمیم‌گیری و نیاز به قضاوت دقیق در نظارت چشمی به‌عنوان دلایل دشواری این وظیفه اشاره کردند. استراتژی‌های شناختی مورد استفاده توسط اپراتورهای خبره شامل تغییر سرعت دستگاه به‌جای اضافه‌کردن مواد، زمان‌بندی مناسب ترکیب مواد و توجه هم‌زمان به سنسورها و مشاهدهٔ عینی بود. تحقیقات در حوزهٔ تحلیل وظیفهٔ شناختی در صنایع ساخت‌وساز نشان داده است که تخصیص وظایف به کارگران باید با در نظر گرفتن نیازمندی‌های شناختی فعالیت‌ها انجام شود تا ایمنی و بهره‌وری افزایش یابد. به‌ویژه، مطالعهٔ احمدیان فرد فینی (Ahmadian Fard Fini) و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده است که کارگران باتجربه، برخلاف کارگران کم‌تجربه، از الگوهای تشخیصی غنی‌تری برای شناسایی خطرات و تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند و این توانایی با افزایش سابقهٔ کار بهبود می‌یابد [۶]. این یافته با نتایج مطالعهٔ حاضر که اپراتورهای خبره از نشانه‌های ضعیف محیطی (مانند تغییر صدا، بو یا ظاهر بتن) برای پیش‌بینی مشکلات استفاده می‌کنند، درحالی‌که اپراتورهای کم‌تجربه صرفاً به داده‌های صفحه‌نمایش متکی هستند، همخوانی کامل دارد. همچنین، این یافته با مدل تخصص خبرگی در روان‌شناسی شناختی هماهنگ است که نشان می‌دهد خبرگی با توسعهٔ شبکه‌های غنی از الگوهای موقعیتی مرتبط است که امکان تصمیم‌گیری سریع و شهودی را فراهم می‌کنند [۱۶].

اپراتورهای بچینگ در این مطالعه به‌صراحت سردرگمی و فرسودگی ناشی از هم‌زمانی وظایف و انجام چند وظیفه به‌صورت هم‌زمان را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع دشواری شناختی و خطا گزارش کردند. جدول ممیزی دانش نیز نشان داد که هم‌زمانی امور تولید و بارگیری، لزوم تحمل فشار روانی از سوی افراد بالادستی و دفعات زیاد بارگیری از عوامل اصلی این دشواری هستند. تحقیقات گسترده در حوزهٔ عملکرد انسان در سیستم‌های پیچیده نشان داده است که چندوظیفگی به‌طور قابل‌توجهی نیاز به توجه تقسیم‌شده و جابه‌جایی مکرر بین وظایف را افزایش می‌دهد، استرس را افزایش داده و منجر به کاهش عملکرد، افزایش تعداد خطاها و در نهایت خستگی شناختی می‌شود. این شرایط در یافته‌های مطالعهٔ حاضر نیز تأیید شد و اپراتورها به‌صراحت از سردرگمی و فشار ناشی از هم‌زمانی وظایف به‌عنوان یکی از منابع اصلی دشواری شناختی و خطا گزارش کردند. مطالعات ویکنز در نظریهٔ منابع توجه نشان می‌دهد که انسان یک پردازشگر با منابع محدود است و زمانی که چند وظیفه هم‌زمان نیازمند منابع شناختی یکسان (مانند حافظهٔ کاری) باشند، افت عملکرد اجتناب‌ناپذیر است [۲۲، ۲۳]. در محیط بچینگ بتن، این وضعیت به‌طور مداوم رخ می‌دهد: اپراتور باید هم‌زمان به صفحه‌نمایش (کنترل کیفیت)، به رادیو (هماهنگی با مرکز فرمان و رانندگان)، به صداهای دستگاه (تشخیص خرابی) و به سفارشات جدید (اولویت‌بندی) توجه کند. این حجم از ورودی اطلاعاتی، به‌ویژه در ساعات پایانی شیفت و در شرایط استرس‌زای ناشی از فشار تحویل به‌موقع، می‌تواند مدیریت منابع توجه اپراتور را با چالش مواجه کرده و احتمال خطاهای انسانی را افزایش دهد. هرچند اندازه‌گیری کمّی این پدیده در مطالعهٔ حاضر انجام نشد، اما گزارش‌های کیفی اپراتورها به‌وضوح نشان‌دهندهٔ تأثیر منفی این شرایط بر عملکرد آنان بود.

یافته‌های مصاحبهٔ شبیه‌سازی نشان داد که چندین سناریوی بحرانی (گیرکردن میکسر، خرابی صفحه‌نمایش، خرابی شیر هوا، قطع برق، خرابی سیستم کنترل مرکزی) نیازمند تصمیم‌گیری سریع و مؤثر در شرایط عدم قطعیت و فشار زمانی بالا هستند. اپراتورهای خبره استراتژی‌هایی مانند حفظ آرامش و تمرکز، داشتن برنامهٔ قبلی، تغییر سریع به وضعیت دستی و درخواست کمک را به‌عنوان راهکارهای

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

اصلی برای مواجهه با این شرایط گزارش کردند. این یافته‌ها با مدل تصمیم‌گیری طبیعی‌گرایانه همسویی کامل دارد. این مدل نشان می‌دهد که متخصصان خبره در شرایط اضطراری، زمان را صرف مقایسهٔ گزینه‌های مختلف نمی‌کنند. در عوض، آنها با استفاده از تجربهٔ قبلی خود، الگوی وضعیت فعلی را به‌سرعت با الگوهای ذخیره‌شده در حافظهٔ بلندمدت خود تطبیق داده، اولین راهکاری که به‌نظر می‌رسد را ارزیابی ذهنی کرده و سپس آن را اجرا می‌کنند [۲۴]. در این مطالعه، داشتن برنامهٔ قبلی که توسط برخی اپراتورها گزارش شده، دقیقاً همان شبیه‌سازی ذهنی است. اپراتورهای کم‌تجربه که فاقد این دانش غنی از الگوهای موقعیتی هستند، در شرایط خرابی ناگهانی سیستم دچار مشکل شده، هول می‌کنند، دکمه‌های اشتباه می‌زنند یا به‌دنبال کمک می‌گردند که این خود تأخیر و خطا را افزایش می‌دهد.

اگرچه یافته‌های این مطالعه با اغلب پژوهش‌های پیشین در حوزهٔ تحلیل شناختی مشاغل صنعتی همسویی دارد، اما نباید از وجود مطالعات غیرهمسو غافل شد. به‌عنوان مثال، مطالعهٔ موما (Mumaw) و همکاران (۲۰۰۰) در صنعت نیروگاه هسته‌ای نشان داد که باوجود طراحی نامناسب پانل‌های کنترل، اپراتورهای باتجربه پس از مدتی قادر به توسعهٔ طرحواره‌های ذهنی جایگزین می‌شوند که تا حد زیادی اثرات منفی طراحی را خنثی می‌کند و خطاهای آنان تفاوت معناداری با اپراتورهای تازه‌کار ندارد [۲۵]. این یافته با مطالعهٔ حاضر که فاصلهٔ عملکردی قابل‌توجهی بین اپراتورهای خبره و کم‌تجربه در مواجهه با پانل کنترل نشان داد، تفاوت دارد. این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در پیچیدگی فرایند، سطح اتوماسیون و صنعت مورد مطالعه باشد و ضرورت انجام پژوهش‌های تطبیقی در این حوزه را آشکار می‌سازد.

ازنظر عملی، نتایج مطالعهٔ حاضر می‌تواند در جهت بهبود شرایط کاری اپراتور بچینگ به‌کار گرفته شود. بازطراحی پانل کنترل براساس اصول ارگونومی (با استفاده از کدگذاری با رنگ، شکل، برچسب‌گذاری، چیدمان کنترل‌ها با توالی استفاده و فاصله‌گذاری منطقی) می‌تواند از فشردن دکمهٔ اشتباه پیشگیری کند. آموزش با استفاده از سناریوهای شبیه‌سازی‌شده می‌تواند ذهن اپراتورهای تازه‌کار را از راه‌حل‌های محتمل حین مواجهه با چالش‌ها غنی‌تر کند. همچنین توصیه می‌شود برخی از وظایف غیرحیاتی مانند هماهنگی با مرکز فرمان و رانندگان را از مجموعه وظایف اپراتور بچینگ حذف شوند تا فشار چندوظیفگیِ تحمیل‌شده به اپراتور کاهش یابد. به‌علاوه، طراحی یک سیستم هشداردهندهٔ هوشمند برای آگاه‌کردن اپراتور از شرایط بهینه، قضاوت تجربی را کاهش داده و به تصمیم‌گیری بهتر کمک خواهد کرد.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود که اشاره به آنها برای ارزیابی دقیق‌تر یافته‌ها ضروری است. این مطالعه در یک کارخانهٔ بتن انجام شده است؛ بنابراین، تعمیم‌پذیری نتایج به سایر کارخانه‌ها با سطح اتوماسیون، شرایط اقلیمی و ساختار سازمانی متفاوت، باید بااحتیاط صورت گیرد. همچنین، استفاده از روش کیفی اگرچه برای کشف عمیق تجارب اپراتورها مناسب بود، اما امکان اندازه‌گیری کمّی بار شناختی، خستگی ذهنی و تغییرات آن در طول شیفت کاری را فراهم نکرد. حجم نمونهٔ پژوهش (۱۰ اپراتور) اگرچه برای یک مطالعهٔ کیفی مبتنی‌بر اشباع داده‌ها قابل‌قبول است، اما این حجمِ محدود امکان مقایسه‌های آماری و کشف تنوعات گسترده‌تر در تجارب شناختی اپراتورها را فراهم نمی‌آورد. همهٔ شرکت‌کنندگان در این مطالعه مرد بودند و زنانی در میان اپراتورهای بچینگ کارخانه وجود نداشتند. این مسئله، تعمیم یافته‌ها به اپراتورهای زن را با محدودیت مواجه می‌سازد؛ هرچند که ماهیت فیزیکی این شغل ممکن است از دلایل عدم حضور زنان در این صنعت باشد. در نهایت، این مطالعه صرفاً بر جنبهٔ شناختی وظایف متمرکز بود و عواملی مانند شرایط فیزیکی ایستگاه کار و عوامل کلان ارگونومی مانند فرهنگ سازمانی، پشتیبانی مدیریتی را به‌طور هم‌زمان بررسی نکرد. انجام پژوهش در کارخانه‌های متعدد، استفاده از روش‌های کمّی مانند NASA-TLX و شاخص‌های فیزیولوژیک، طراحی مطالعات مداخله‌ای برای ارزیابی اثربخشی راهکارهای پیشنهادی، بررسی تعامل عوامل شناختی، فیزیکی و کلان ارگونومی، و مطالعهٔ نقش فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی در کاهش بار شناختی اپراتورها پیشنهاد می‌شود.

نتیجه گیری

اپراتور بچینگ با طیف گسترده‌ای از وظایف شناختی پیچیده شامل پردازش هم‌زمان اطلاعات، تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت و حل مسئله در شرایط اضطراری مواجه است. مهم‌ترین چالش‌های شناختی شناسایی‌شده شامل کار با پانل کنترل با طراحی نامناسب، تشخیص مشکلات سیستم براساس نشانه‌های ضعیف، دستیابی به قوام بتن در شرایط متغیر محیطی، چندوظیفگی در محیط پویا، ادامهٔ کار در شرایط خرابی ناگهانی سیستم، و قضاوت دربارهٔ بتن‌های ویژه بودند. شکاف قابل‌توجهی بین دانش صریح و دانش ضمنی در

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

این شغل وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که اپراتورهای کم‌تجربه صرفاً به داده‌های صفحه‌نمایش متکی هستند، درحالی‌که اپراتورهای خبره از مدل‌های ذهنی غنی و الگوهای تشخیصی برای پیش‌بینی مشکلات پیش از وقوع استفاده می‌کنند. کاربردهای عملی این پژوهش شامل بازطراحی ارگونومیک پانل کنترل، طراحی برنامه‌های آموزشی مبتنی‌بر سناریو شبیه‌سازی شده، کاهش چندوظیفگی و استقرار سیستم هشداردهنده هوشمند است.

تشکر و قدردانی

از همهٔ شرکت‌کنندگان در این تحقیق بابت مشارکت فعال ایشان صمیمانه سپاس‌گزاریم. از مدیریت کارخانهٔ محل تحقیق بابت همکاری و حمایت معنوی تحقیق تشکر می‌کنیم. همچنین از دانشگاه علوم پزشکی زنجان بابت حمایت مالی از این تحقیق به کد پژوهان ۱۱۰۰ در سال ۱۴۰۴ مراتب تشکر و قدردانی خود را اظهار می‌داریم.

تضاد منافع

هیچ تعارضی بین منافع نویسندگان وجود ندارد.

سهم نویسندگان

مفهوم سازی: رضا کلانتری، جمیله مومنی

مدیریت داده‌ها: رضا کلانتری

تحلیل: مینا هاشمی‌پرست، رضا کلانتری

جذب سرمایه: رضا کلانتری، جمیله مومنی

تحقیق: جمیله مومنی، مینا هاشمی‌پرست

روش شناسی: رضا کلانتری، مینا هاشمی‌پرست

مدیریت پروژه: رضا کلانتری

منابع: غیر کاربردی

نرم افزار: غیر کاربردی

نظارت: غیر کاربردی

اعتبار سنجی: غیر کاربردی

تجسم: غیر کاربردی

نوشتن -پیش نویس اصلی: رضا کلانتری

نگارش -بررسی و ویرایش: جمیله مومنی، رضا کلانتری، مینا هاشمی‌پرست

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش بخشی از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مصوب کمیتهٔ اخلاق دانشگاه علوم پزشکی زنجان با عنوان «بازطراحی ایستگاه‌های کار اپراتور بچینگ با استفاده از سنجه‌های فیزیکی، شناختی و کلان ارگونومی در یک کارخانه بتن‌سازی» است (کد اخلاق:IR.ZUMS.REC.1404.145). مطالعه پس از اخذ کد اخلاق انجام شد. شرکت‌کنندگان فرم رضایت آگاهانه را امضا کردند. همچنین همهٔ اطلاعات شخصی شرکت‌کنندگان نزد محققان به‌صورت محرمانه باقی ماند.

حمایت مالی

این تحقیق بخشی از پایان‌نامهٔ مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار بوده که منابع مالی آن توسط دانشگاه علوم پزشکی زنجان تأمین شده است.

REFERENCES

1. Australian Bureau of Statistics. OSCA - Occupation Standard Classification for Australia, Version 1.0 [Internet]. Canberra: ABS; 2024 [cited 2026 Sep 1]. Link
2. Polak-Sopinska A, Wisniewski Z, Wrobel-Lachowska M, Sopinski P. Job creation for people with disabilities: a case study of a concrete batching plant. In: Goossens R, editor. Advances in Social & Occupational Ergonomics: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Social & Occupational Ergonomics, July 17-21, 2017, Los Angeles, California, USA. Cham: Springer; 2018. p. 123-34. Link
3. Marietta M. Plant Operator - Merkel Plant - Nights: Jobvite; 2024 [cited 2026 28 April 2026]. Link
4. Ahmadian Fard Fini A, Rashidi TH, Waller ST. Job assignments to construction workers: accounting for the brain resource requirements of activities. In: Construction Research Congress 2016: Old and New Construction Technologies Converge in Historic San Juan, May 31-June 2, 2016, San Juan, Puerto Rico. Reston (VA): American Society of Civil Engineers (ASCE); 2016. p. 1897-906. Link
5. Government of Canada Job Bank. Competencies: Concrete Batch Plant Operator - Cement Manufacturing in British Columbia [Internet]. Ottawa: Government of Canada; 2024 [cited 2026 Apr 28]. Link
6. Ahmadian Fard Fini A, Rashidi TH, Waller ST. Enhancing the safety of construction crew by accounting for brain resource requirements of activities in job assignment. *Autom Constr.* 2018;**88**:31-43. DOI: 10.1016/j.autcon.2017.12.013
7. Rasmussen J. Information processing and human-machine interaction: an approach to cognitive engineering. New York: North-Holland; 1986. Link
8. Wickens CD. Multiple resources and performance prediction. *Theor Issues Ergon sci.* 2002;**3**(2):159-77. DOI:10.1080/14639220210123806
9. Hoffman RR, Crandall B, Shadbolt N. Use of the critical decision method to elicit expert knowledge: a case study in the methodology of cognitive task analysis. *Hum Factors.* 1998;**40**(2):254-76. DOI: 10.1518/001872098779480442
10. Vicente KJ. Cognitive work analysis: toward safe, productive, and healthy computer-based work. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates; 1999. DOI: 10.1201/b12457
11. Militello LG, Hutton RJ. Applied cognitive task analysis (ACTA): a practitioner's toolkit for understanding cognitive task demands. *Ergonomics.* 1998;**41**(11):1618-41. DOI: 10.1080/001401398186108
12. Mitropoulos P, Memarian B. Team processes and safety of workers: cognitive, affective, and behavioral processes of construction crews. *J Constr Eng Manag.* 2012;**138**(10):1181-91. DOI:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000527
13. Saurin TA, Formoso CT, Cambraia FB. An analysis of construction safety best practices from a cognitive

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]

systems engineering perspective. *Saf Sci.* 2008;**46**(8):1169-83. DOI:10.1016/j.ssci.2007.07.007
14. Wang Y, Xiao B, Mueller ST, Yi W. Task–taxon–task framework for modeling and predicting the cognitive impact of collaborative robots on worker performance in modular construction. *J Constr Eng Manag.* 2026;**152**(4):04026033. DOI: 10.1061/JCEMD4.COENG-17137
15. Shehab L, Lee G, Hamzeh F. Minds at work: a design for an experimental approach to assessing cognitive abilities in construction. *J Constr Eng Manag.* 2026;**152**(1):04025221. DOI:10.1061/JCEMD4.COENG-16638
16. Ericsson KA, Smith J. Toward a general theory of expertise: prospects and limits. New York: Cambridge University Press; 1991. Link
17. Ericsson KA. The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. In: Ericsson KA, Charness N, Feltovich PJ, Hoffman RR, editors. The Cambridge handbook of expertise and expert performance. New York: Cambridge University Press; 2006. p. 683-703. DOI: 10.1017/CBO9780511816796.038
18. Annett J, Duncan KD. Task analysis and training design. *Occup Psychol.* 1967;**41**(4):211-21. Link
19. Stanton NA. Hierarchical task analysis: developments, applications, and extensions. *Appl Ergon.* 2006;**37**(1):55-79. DOI: 10.1016/j.apergo.2005.06.003
20. Malvaceda-Espinoza E, Flores-Pereyra G. Methodological aspects in the construction of the protocol in semi-structured interviews. *Qual Rep.* 2025;30(12):4879-90. DOI:10.46743/2160-3715/2025.6998
21. Schneijderberg C, Wieczorek O, Steinhardt I. The handbook of qualitative and quantitative content analysis: introduction to classical, digital, AI-supported, and automated data analysis. London: Routledge; 2026. DOI: 10.4324/9781003496397
22. Lincoln YS, Guba EG. Naturalistic inquiry. Beverly Hills (CA): Sage Publications; 1985. Link
23. Wickens CD. Multiple resources and mental workload. *Hum Factors.* 2008;**50**(3):449-55. DOI: 10.1518/001872008X288394
24. Klein GA. Sources of power: how people make decisions. Cambridge (MA): MIT Press; 1998. Link
25. Mumaw RJ, Roth EM, Vicente KJ, Burns CM. There is more to monitoring a nuclear power plant than meets the eye. *Hum Factors.* 2000;**42**(1):36-55. DOI: 10.1518/001872000779656651

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-29]