نشـــریه بین المللـــی مهنـدسی صنـایع و مدیـــریت تولیـد پاییـــز ۱۳۸۸- صفحـه ۶۴-۵۵

شمـــاره ۳، جلـــد ۲۰، پاییز ۱۳۸۸

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنایـــع و مدیـــریت تولیـــد

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

IJIE

ISSN: 2008-4870

Journal Website: http://IJIEPM.iust.ac.ir/



The Use of Heuristic Models of ranked positional weight and longest candidate rules (LCR) For Assembly Lines Balancing and its Effect on Organizational Performance (Case Study: Urmia Tractor Manufacturing Company)

Houshang Taghizadeh* & Amin Zeinalzadeh

Houshang Taghizadeh, *Islamic Azad University, Tabriz Branch*
Amin Zeinalzadeh, *M.S. in Industrial Engineering*

Keywords

Assembly Line Balancing,
Longest Candidate Rule,
Ranked Positional Weight Rule

ABSTRACT

According to researches, one of the productivity barriers among many organizations is assembly line balancing problem, which needs scientific models to be solved. This paper examines the effect of line balancing on the functioning of assembly line in two sections. In the first section, after studying the theoretic bases and reviewing the literature, we have discussed the assembly concepts, different types of assembly line balancing problems, assumptions, optimizing criteria and methods of solving the problems. In the second section, two heuristic algorithms, ranked positional weight and longest candidate rules (LCR), have been used to balance the assembly line of Urmia Tractor Manufacturing Company. By comparing the criteria of cycle time, line balancing efficiency, smoothness index, balance delay, cost saving, portion of fixed cost for each product, margin of safety and unused capacity for the two states before and after balancing, the effect of line balancing on the function of assembly line has been defined.

© (نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید) شماره ۳، جلد ۲۰، ۱۳۸۸

کاربرد روشهای هیورستیک اولویت وزنی و طولانی ترین زمان عملیات (LCR) متعادل سازی خطوط مونتاژ و تاثیر آن بر عملکرد سازمان (مطالعه موردی: تراکتورسازی ارومیه)

هوشنگ تقی زاده و امین زینال زاده

کلمات کلیدی

متعادل سازی خط مونتاژ،
طولانی ترین زمان عملیات،
اولویت وزنی

چکیده:

طبق مطالعات انجام شده یکی از موانع بازدارنده بهره‌وری که شرکتهای زیادی نیز درگیر آن هستند مساله بالانس خط مونتاژ می باشد که حل آن نیازمند به کارگیری مدل های علمی است. بر همین اساس این مقاله در دو بخش به بررسی تاثیر متعادل سازی بر عملکرد خط مونتاژ پرداخته است. در بخش اول ضمن مطالعه مبانی نظری و پیشینه تحقیق، مفاهیم مونتاژ، انواع

تاریخ وصول: ۸۸/۵/۲۲

تاریخ تصویب: ۸۸/۱۰/۲۸

دکتر هوشنگ تقی زاده، استادیار، عضوهیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، دانشکده مدیریت، گروه مدیریت صنعتی. taghizadeh46@yahoo.com

امین زینال زاده، کارشناس ارشد مهندسی صنایع. zeinalzadeh1360@yahoo.com

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

مسائل بالانس خط مونتاژ، پیش فرض ها، معیارهای بهینگی و روشهای حل مسائل متعادل سازی مطرح شده است. در بخش دوم دو روش هیورستیک اولویت وزنی و طولانی ترین زمان عملیات(LCR)[2] برای متعادل سازی خط مونتاژ شرکت تراکتورسازی ارومیه به کار گرفته شده است. با مقایسه معیارهای زمان سیکل مونتاژ، کارایی خط مونتاژ ، ضریب هموارسازی، فاصله تعادل و صرفه جویی ریالی، سهم هزینه ثابت هر واحد محصول، حاشیه ایمنی و زمان تلف شده برای دو حالت قبل و بعد از متعادل سازی، تاثیر متعادل سازی بر عملکرد خط مونتاژ مشخص شده است.

۱. مقدمه

یکی از مباحثی که از ابتدای شروع تولید صنعتی مورد توجه مراکز تحقیقاتی و صنعتی قرار دارد مسأله متعادل سازی خطوط تولید یا مونتاژ محصولات است. عدم دستیابی به یک سیستم تولیدی متعادل به معنای عدم استفاده کامل از ظرفیت های سیستم است. به خاطر هزینه های بسیار زیاد سیستم های تولیدی، متعادل سازی این سیستم‌ها یکی از مهمترین مشغله های محققین و مهندسین صنایع در مراکز تحقیقاتی و صنعتی است. در کشور ایران نیز یکی از عمده‌ترین علل عدم استفاده از ظرفیت‌های موجود واحدهای صنعتی، متعادل نبودن خطوط تولید و مونتاژ محصولات است [۱]. بنابراین، هدف اصلی این مقاله، معرفی روشهای علمی و به کارگیری روشهای مناسب برای متعادل سازی خط مونتاژ شرکت تراکتورسازی ارومیه است. جدول (۱) نمادهای بکار رفته در مقاله را نشان می دهد.

جدول ۱. نمادهای بکار رفته در مقاله

نماد	شرح
m	تعداد فعالیت ها (عنصرها)
n	تعداد ایستگاهها
t_i	زمان استاندارد فعالیت iام
t'_j	زمان ایستگاه jام
C	سیکل کاری تولید
E	کارایی خط مونتاژ
S.I	ضریب هموارسازی
B.D	فاصله تعادل
SH	زمان شیفت کاری خالص
D	تعداد روزهای کاری در سال
P/D	تعداد تولید در شیفت
P	نسبت فروش محصول در بازارهای داخلی
M_1	سود یک واحد محصول در بازار داخلی
M_2	سود یک واحد محصول در بازار خارجی
Q	میزان تولید مورد انتظار
V	بهای متغیر هر واحد محصول
Y	سود حاصل از افزایش تولید
FC	هزینه ثابت
X	تعداد واحدهای تولید شده
K	سهم هر واحد از هزینه ثابت
MS	حاشیه ایمنی
S^*	فروش در نقطه سر به سر
S	فروش پیش بینی شده
$\overline{CMR}$	میانگین وزنی نسبت حاشیه فروش

[2] *Longest Candidate Rule*

پیش فرض های اساسی

- تولید به صورت انبوه و زمان فعالیت ها قطعی می باشد؛
- تقاضای بازار نامحدود فرض شده است؛
- تجهیزات و ابزار به طور پیوسته در دسترس هستند؛
- محدودیت دسترسی به مواد اولیه و قطعات وجود ندارد.

۲. روش ها و تکنیک های متعادل سازی خط مونتاژ

مسائل متعادل سازی خط مونتاژ بیش از چهار دهه توسط پژوهشگران به دقت مورد مطالعه قرار گرفته است. جکسون، وستر و کیلبریج[3] روش های هیورستیک معروفی برای گروه بندی فعالیتها به ایستگاههای کاری پیشنهاد کردند. مدل برنامه ریزی خطی توسط بومن[4] معرفی شد. هلد[5] برنامه ریزی پویا را برای مساله متعادل سازی ارائه و سپس آن را حل کرد. پترسن[6] مساله متعادل سازی را به صورت برنامه ریزی عدد صحیح صفر- یک فرموله بندی کرد و از جستجوی فیبوناجی[7] برای حل مساله استفاده کرد. اسچی[8] برای حل مساله از توسعه روش شاخه ـ کران استفاده کرد. آگرداگ[9] مساله تخصیص فعالیت ها به تعداد ایستگاههای کاری ثابت را مورد مطالعه قرار داد. اینمان[10] و ناکادا[11] مساله متعادل سازی، با هدف حداقل کردن تعداد نیروی انسانی را بررسی کردند. جنبه های دیگر مساله خط مونتاژ شامل زمان تصادفی فعالیت ها توسط سارین[12] مورد مطالعه قرار گرفت[۲ و۳]. بویسن و فیلیندر[13] (۲۰۰۶) متعادل سازی خط مونتاژ را با در نظر گرفتن زمان تصادفی فعالیت ها، روش های مختلف تولید، خط U شکل، ایستگاه و فعالیت های موازی را با هدف حداکثر کردن سود بررسی کردند. بایکاس اوغلو و ازبکیر[14]

[3]. *Jackson, Wester, and Kilbridge*
[4]. *Bowman*
[5]. *Held*
[6]. *Patterson*
[7]. *Fibonacci Search*
[8]. *Assche*
[9]. *Ugurdag*
[10]. *Inman*
[11]. *Nakada*
[12]. *Sarin*
[13]. *Boysen and Fliender*
[14]. *Baykasoglu and Ozbakir*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

(۲۰۰۶) متعادل سازی خط مونتاژ U شکل را با در نظر گرفتن زمان تصادفی فعالیت ها و محدودیت زمان سیکل بر حسب احتمال را با هدف حداقل کردن تعداد ایستگاهها مطالعه کردند. لاپیر[15] و همکاران (۲۰۰۶) متعال سازی را با در نظر گرفتن محدودیت تخصیص منابع و امکان کار همزمان را با هدف بهینه کردن یک نمره مرکب بررسی کردند. لویتین[16] و همکاران (۲۰۰۶) مساله متعادل سازی خط مونتاژ را با در نظر گرفتن گزینه های مختلف تولید و تخصیص منابع را با هدف حداقل کردن زمان سیکل مطالعه کردند. مکمولن و تاراسویچ[17] (۲۰۰۶) مساله متعادل سازی خط با تولید مرکب، زمان تصادفی فعالیت ها، ایستگاههای موازی را با هدف حداقل کردن هزینه، هموار کردن زمان ایستگاههای مختلف و بهینگی یک نمره مرکب مطالعه کردند. اسکل و همکاران[18] (۲۰۰۶) مساله متعادل سازی را در حالتی که افزایش زمان غیر مستقیم مبتنی بر ترتیب وجود دارد یعنی انجام یک فعالیت شرایطی ایجاد می کند که زمان فعالیت ما بعدی خود را تحت تاثیر قرار می دهد با هدف حداقل کردن تعداد ایستگاهها مطالعه کردند. اربان و چیانگ[19] (۲۰۰۶) مساله متعادل سازی را با در نظر گرفتن زمان تصادفی فعالیتها، زمان احتمالی سیکل، خط U شکل و افزایش زمان مبتنی بر فعالیت های غیر تولیدی زمان ایستگاه مانند بازگشت اپراتور به ابتدای ایستگاه در انتهای سیکل جاری را با هدف حداقل کردن تعداد ایستگاهها مطالعه کردند. وان هپ[20] (۲۰۰۶) مساله متعادل سازی تولید مرکب با زمان تصادفی فعالیت و زمان سیکل متفاوت را با هدف حداقل کردن تعداد ایستگاه مطالعه کرد. ویلارینهو و سیماریا[21] (۲۰۰۶) مساله مونتاژ تولید مرکب با محدودیتی که زیر مجموعه ای از فعالیت ها به نحوی به هم وابسته هستند که باید به یک ایستگاه مشترک تخصیص یابند و در نظر گرفتن ایستگاه موازی را با هدف حداقل کردن تعداد ایستگاهها و هموارسازی زمان ایستگاهها مطالعه کردند [۲].

بطور کلی روشهای حل مسائل را می توان به سه دسته کلی روشهای دقیق [۴]، روشهای هیورستیک [۵] و روشهای فراابتکاری [۶] تقسیم کرد.

۳. سیستم های مونتاژ

مونتاژ کردن به مفهوم ادغام دو یا چند قطعه به منظور تشکیل یک نهاد جدید می باشد که به این نهاد جدید مونتاژ فرعی، مونتاژ یا اصطلاحات مشابه به کار می برند [۷]. سیستمهای مونتاژ به سه دسته، مونتاژ دستی یک ایستگاه، خط مونتاژ دستی و سیستم های مونتاژ اتوماتیک تقسیم می شوند [۸ و ۹]. خطوط مونتاژ بر اساس تنوع محصولات نیز معمولاً به سه دسته خطوط تولید برای یک نوع محصول ، خطوط تولید برای تولید دسته ای محصولات و خطوط تولید مرکب تقسیم می شوند [۱۰ و۱۱].

۳-۱. انواع مسائل بالانس خط مونتاژ ساده بر اساس تابع هدف [۱۴].

متعادل سازی خط مونتاژ گرایشی است در وصول به مناسب ترین تعادل مابین نیروی انسانی، ماشین آلات و تجهیزات به نحوی که دسترسی به حجم مشخصی از تولید امکان پذیر گردد[۴]. مساله بالانس خط مونتاژ یا متعادل‌سازی، تخصیص فعالیت‌ها به ایستگاههای کاری مختلف با در نظر گرفتن محدودیت ها و فرضیات موجود و تلاش برای رسیدن به یک یا چند معیار بهینگی می باشد. با توجه به معیار بهینگی در نظر گرفته شده، مسائل بالانس خط مونتاژ ساده به چهار نوع تقسیم می شود [۲]:

الف) با توجه به زمان سیکل داده شده، هدف حداقل کردن تعداد ایستگاه های کاری موجود است. مساله با این تابع هدف، مساله بالانس خط مونتاژ نوع یک (SALBP-1) نامیده می شود.

ب) با توجه به تعداد ایستگاههای ثابت داده شده، هدف حداقل کردن زمان سیکل تولید است. مساله با این تابع هدف، مساله بالانس خط مونتاژ نوع دوم (SALBP-2) نامیده می شود.

ج) اگر زمان سیکل و تعداد ایستگاهها هر دو با هم قابل تغییر باشند در آن صورت کارایی خط معیار کیفیت بالانس می باشد. مساله با این تابع هدف، مساله بالانس خط مونتاژ با معیار کارایی (SALBP-E) نامیده می شود.

د) اگر زمان سیکل و تعداد ایستگاهها هر دو ثابت باشند، هدف جستجوی یک جواب امکان پذیر برای مساله است. مساله با این معیار ، مساله بالانس امکان پذیر (SALBP-F) نامیده می شود.

۳-۲. واژه ها و اصطلاحات عمومی خط مونتاژ

به منظور ارزیابی وضعیت خط مونتاژ و بررسی تاثیر روشهای متعادل سازی بر عملکرد خط از شاخص هایی استفاده می شود. به همین منظور در ادامه تعدادی از این شاخص ها تعریف می شود.

- سیکل تولید: « فاصله زمانی خروج دو محصول متوالی از انتهای خط مونتاژ را سیکل تولید می گویند » [۱۲] . سیکل تولید را می توان از رابطه (۱) محاسبه کرد:

$$C = \frac{SH}{P/D} \qquad (۱)$$

- کارایی خط مونتاژ: « بیان کننده درصد کاری و بهره وری خط مونتاژ در هر سیکل کاری است ». برای محاسبه آن از رابطه (۲) می توان استفاده کرد [۱۲] .

---

15 . *Lapierre et al*
16 . *Levitin et al*
17 . *McMullen and Tarasewich*
18 . *Scholl et al*
19 . *Urban and Chiang*
20 . *Van hop*
21 . *Vilarinho and Simaria*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

$$E=\frac{\sum_{i=1}^{m} t_i}{n\times c}\times 100 \qquad (۲)$$

- ضریب هموار سازی: این شاخص برای ارزیابی توزیع کار در بین ایستگاهها به کار می رود. مقدار آن هر چقدر کمتر باشد توزیع بهتر کار را نشان می دهد. برای محاسبه آن از رابطه (۳) می توان استفاده کرد [۱۲].

$$S.I=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(C-t'_j)^2} \qquad (۳)$$

- فاصله تعادل: مقدار این شاخص درصد بیکاری های خط مونتاژ، در هر سیکل کاری را نشان می دهد. برای محاسبه آن از رابطه (۴) می توان استفاده کرد [۱۳].

$$B.D=\frac{n\times c-\sum_{i=1}^{m} t_i}{n\times c}\times 100 \qquad (۴)$$

- تعداد تولید: برای محاسبه تعداد تولید مورد انتظار خط مونتاژ، زمان کاری خالص (زمان شیفت منهای اضافات مجاز) در تعداد روزهای کاری ضرب شده و حاصل به زمان سیکل تقسیم می شود. مقدار این شاخص از رابطه (۵) به دست می آید.

$$Q=\frac{D\times SH}{C} \qquad (۵)$$

۴. روش تحقیق

این تحقیق از لحاظ هدف از نوع کاربردی است، اما از لحاظ روش انجام از نوع تحقیق توصیفی می باشد. در این مقاله از روش متعادل‌سازی مسائل نوع دوم استفاده شده است. در این تحقیق بعد از انتخاب و بیان مساله، با همکاری واحد برنامه‌ریزی‌تولید و مونتاژ شرکت، فعالیتهای زیر انجام شده است:

- جمع آوری اطلاعات لازم برای متعادل سازی که شامل شناسایی فرایند مونتاژ، عناصر کاری و زمان استاندارد و روابط پیشنیازی آنها می باشد؛
- انتخاب روش مناسب برای متعادل سازی با توجه به اهداف تحقیق و محدودیت ها ؛
- مقایسه نتایج حاصل با وضعیت موجود؛
- نتیجه گیری و پیشنهادها.

۴-۱. تحلیل وضعیت موجود

خط مونتاژ تراکتورسازی دارای ۱۹۹ عنصر کاری و ۱۱ ایستگاه کاری می باشد. در بانک اطلاعاتی اکسل برای هر عنصر یک کد، شرح فعالیت، زمان استاندارد بر حسب دقیقه، کدهای پیشنیازی تعریف شده است. جدول (۲) خلاصه وضعیت موجود را نشان می‌دهد. مشاهده می شود که زمان سیکل تولید ۵۷/۸۹ بوده و مربوط به ایستگاه ۶ با بیشترین زمان کاری می باشد این ایستگاه به عنوان گلوگاه خط مونتاژ است (n=۱۱ , c=۵۷/۸۹). به منظور ارزیابی متعادل سازی بر عملکرد خط مونتاژ معیارهای ارزیابی با اندیس های ۱و۲ به ترتیب برای دو وضعیت موجود و پیشنهادی با استفاده از روابط قسمت ۳ـ۲ محاسبه می شود.

E (کارایی خط تولید) با استفاده از رابطه (۲) برابر است با:

$$E_1=\frac{۳۶۸/۱۲}{۱۱\times ۵۷/۸۹}\times ۱۰۰=۵۷/۸۰\%$$

S.I (ضریب هموارسازی) با استفاده از رابطه (۳) برابر است با:

$$S.I_1=\sqrt{[(۵۷/۸۹-۵۵/۰۹)^2+(۵۷/۸۹-۱۴/۲۷)^2+\ldots}$$
$$\sqrt{\ldots+(۵۷/۸۹-۳۶/۱۱)^2]}=۹۷/۹۰$$

با کاهش مقدار این ضریب توزیع کار بین ایستگاههای کاری یکنواخت تر خواهد بود. میزان به دست آمده برای وضعیت موجود، حاکی از شرایط غیر مطلوب توزیع کار بین ایستگاهها می باشد به طوری که حجم کار در بعضی از ایستگاهها بسیار زیاد و در بعضی از ایستگاهها بسیار کم می باشد.

BD (فاصله تعادل) با استفاده از رابطه (۴) برابر است با:

$$BD_1=\frac{۱۱\times ۵۷/۸۹-۳۶۸/۱۲}{۱۱\times ۵۷/۸۹}\times ۱۰۰=۴۲/۱۱\%$$

میزان این شاخص، درصد بیکاری های زیاد را نشان می دهد.

تعداد روزهای کاری در سال ۲۶۷ و زمان شیفت کاری خالص ۳۸۰ دقیقه می باشد، بنابراین تولید مورد انتظار سالانه با استفاده از رابطه (۵) برای وضعیت قبل از متعادل سازی برابر است با:

$$Q_1=\frac{۲۶۷\times ۳۸۰}{۵۷/۸۹}=۱۷۵۲/۶۲\approx ۱۷۵۳$$ دستگاه در سال

جدول ۲. ایستگاههای کاری وضعیت موجود

ایستگاه	کد فعالیتهای تخصیص یافته	زمان ایستگاه	زمان بیکاری
۱	۱ الی ۳۳	۵۵/۰۹	۲/۸۰
۲	۳۴ الی ۴۱	۱۴/۲۷	۴۳/۶۲
۳	۴۲ الی ۵۷	۳۸/۴۸	۱۹/۴۱
۴	۵۸ الی ۷۵	۴۴/۹۷	۱۲/۹۲
۵	۷۶ الی ۱۰۲	۳۲/۶۰	۲۵/۲۹
۶	۱۰۳ الی ۱۰۶	۵۷/۸۹	۰
۷	۱۰۷ الی ۱۲۱	۲۰	۳۷/۸۹
۸	۱۲۲ الی ۱۲۸	۱۴/۹۳	۴۲/۹۶
۹	۱۲۹ الی ۱۵۴ و ۱۹۹	۴۷/۰۶	۱۰/۸۳
۱۰	۱۵۵ الی ۱۶۱	۶/۷۲	۵۱/۱۷
۱۱	۱۶۲ الی ۱۹۸	۳۶/۱۱	۲۱/۷۸
	مجموع	۳۶۸/۱۲	۲۶۸/۶۷

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

۴-۲. متعادل سازی خط مونتاژ

با توجه به تعداد زیاد عناصر کاری، روش های ابتکاری LCR و اولویت وزنی برای حل مساله انتخاب شده است. این روش ها دارای محدودیت ها و معیارهای بهینگی معین می باشند که تخصیص عناصر بر اساس این شرایط انجام می شود. این موارد ذیلاً توضیح داده شده است [۱۵].

الف- محدودیت ها

الف ـ ۱. محدودیت ترتیب و تقدمی عناصر نشان می دهد که یک فعالیت زمانی می تواند به یک ایستگاه تخصیص یابد که فعالیتهای پیشنیاز آن قبلاً تخصیص یافته باشد.

الف ـ ۲. محدودیت سیکل تولید تضمین می کند حجم کاری هر ایستگاه از زمان سیکل کاری مورد انتظار تجاوز نکند.

ب- معیارهای بهینگی

ب ـ ۱. با توجه به زمان سیکل داده شده، هدف حداقل کردن تعداد ایستگاههای کاری موجود است.

ب ـ ۲. با توجه به تعداد ایستگاههای داده شده، هدف حداقل کردن زمان سیکل کاری است (یکی از دو معیار انتخاب می شود).

در شرکت تراکتورسازی شرایط مطلوب برای استفاده از الگوریتم-های فوق وجود دارد که دلیل آن ذیلاً مورد بحث واقع شده است.

۱ـ بر اساس فرایند مونتاژ تراکتور لازم است که در موقع انجام هر عنصر کاری، عناصر پیشنیازی آن قبلاً انجام گرفته باشد (الف ـ۱).

۲ـ ایستگاههای کاری باید فعالیت های خود را در مدت زمان سیکل کاری تکمیل کنند (الف ـ ۲).

۳ـ در شرکت تراکتورسازی مدیران خواستار متعادل سازی خط مونتاژ با حفظ وضعیت موجود از نظر تعداد ایستگاههای کاری و کاهش زمان سیکل کاری بودند (ب ـ ۲).

مراحل روش اولویت وزنی و LCR برای حل مسائل با هدف ثابت بودن تعداد ایستگاه به شرح زیر می باشد[۱۲و۱۶]:

قدم اول) تعیین سیکل تولید تئوریک خط (c_1) :

$$c_1 = \frac{\sum_{i=1}^{m} t_i}{m} = \frac{368/12}{11} = 33/46 \qquad (۶)$$

تعداد ایستگاهها ثابت و از پیش تعیین شده می باشد.

قدم دوم) تعیین سیکل تولید اولیه خط (c_2) :

$$c_2 = \max(T_{\max}, c_1) \qquad (۷)$$
$$c_2 = \max(35/05, 33/46) = 35/05$$

T_{max} بیشترین زمان عنصر کاری است و مربوط به عنصر ۱۰۴ است.

قدم سوم) تعیین سیکل تولید نهایی: برای شرکت تراکتورسازی، با توجه به برنامه تولید سالیانه زمان سیکل نهایی (C=۳۵/۱)در نظر گرفته شده است.

قدم چهارم) تعیین وزن هر عنصر: وزن عناصر با استفاده از روابط (۸) و (۹) به ترتیب برای روش LCR و اولویت وزنی محاسبه می شود [۱۷].

(۸) زمان عنصر= وزن عنصر

(۹) مجموع زمان عناصر مابعد+زمان عنصر= وزن عنصر

قدم پنجم) رتبه بندی عناصر: عناصر به ترتیب وزن، رتبه بندی می شود. رتبه اول به بیشترین وزن تخصیص می یابد و این عمل تا آخر تکرار می شود.

قدم ششم) تخصیص عناصر: بر اساس شکل (۱) است.

خلاصه نتایج تخصیص در جداول (۳) و (۴) ارائه شده است.

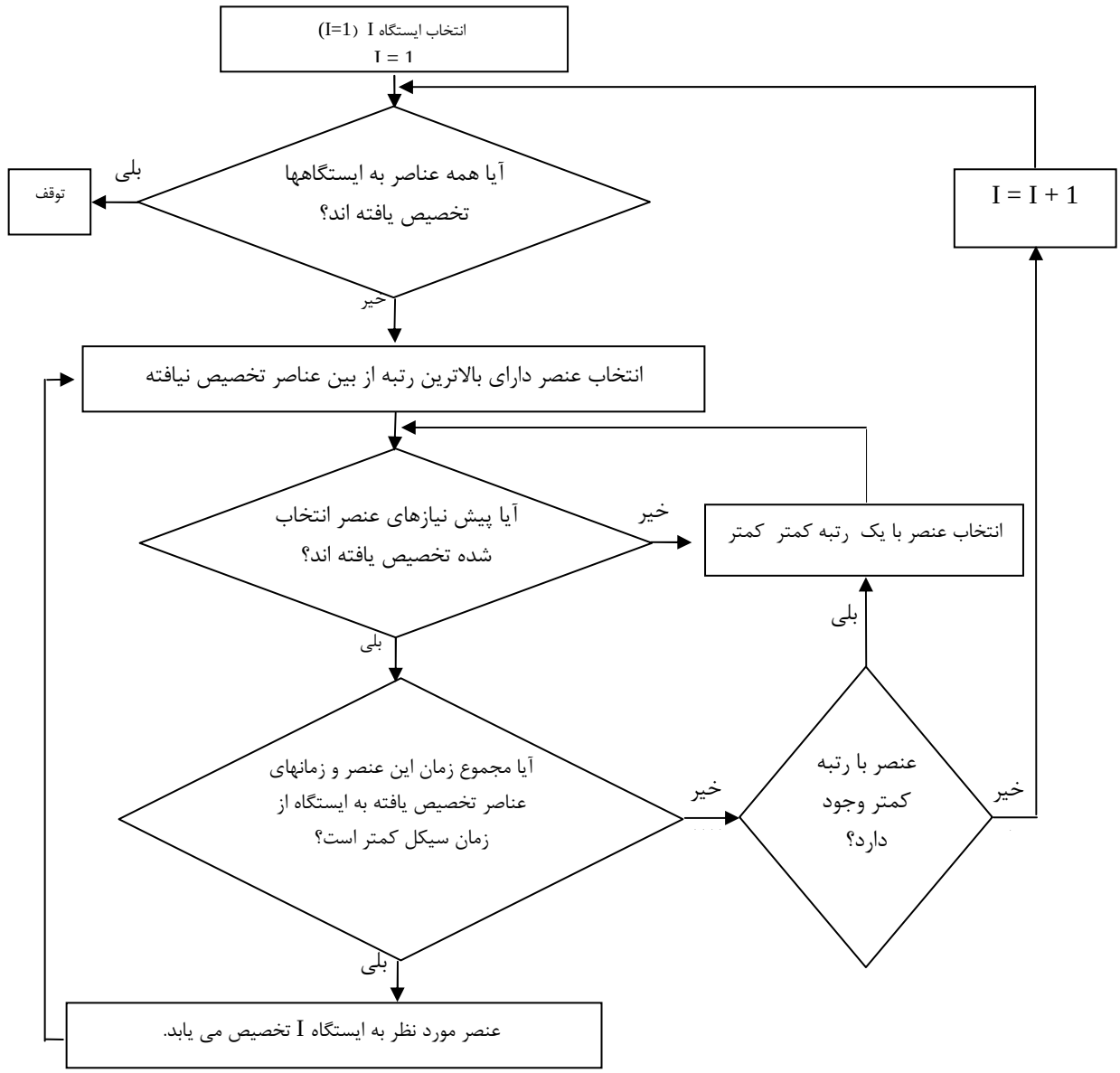
جدول ۳. نتایج تخصیص روش LCR

ایستگاه	کد فعالیتهای تخصیص یافته	زمان ایستگاه	زمان بیکاری
۱	۱۰۴	۳۵/۰۵	۰/۰۵
۲	۱۱۰، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱، ۱۶۲	۳۵/۰۹	۰/۰۱
۳	۷۸، ۷۴، ۱۲، ۴۹، ۵۰، ۹، ۱۲۹، ۱۱۸	۳۵/۰۵	۰/۰۵
۴	۷۶، ۱۵۲، ۴۷، ۴۸، ۱۶۹، ۱۳، ۳۴، ۱۵۵، ۳۵، ۱۳۰، ۷۷، ۱۴۵، ۱۴۶، ۲۹، ۱۱۷	۳۵/۰۵	۰/۰۵
۵	۳۰، ۳۱، ۱۳۷، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۱، ۱۵، ۱۷، ۱۱۵، ۶، ۱۳۱، ۱۳۲، ۳۲، ۲۱، ۵۵	۳۵/۰۱	۰/۰۹
۶	۱۰، ۷۰، ۸۸، ۸۹، ۲۵، ۳۹، ۲۳، ۲۴، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۹۰، ۱۹، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۱۳۸، ۱۹۱، ۴۰، ۲۶، ۱۱۶، ۴۱، ۸۵، ۸۶، ۱۴، ۵۹، ۶۰، ۹۷	۳۵/۰۹	۰/۰۱
۷	۱۸، ۲، ۳، ۱۶، ۸۱، ۵، ۸۷، ۴، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۷۵، ۷۳، ۱۰۰	۳۵/۰۳	۰/۰۷
۸	۶۵، ۱۵۱، ۶۶، ۷۱، ۶۷، ۷۲، ۶۸، ۶۹، ۱۴۱، ۱۴۲، ۷، ۸، ۲۲، ۲۸، ۳۳، ۵۶، ۴۵، ۴۶، ۵۱، ۵۲، ۱۳۹	۳۵/۰۸	۰/۰۲
۹	۵۳، ۵۴، ۱۸۹، ۵۷، ۲۷، ۱۹۹، ۱۴۰، ۱۴۳، ۱۴۴، ۹۳، ۱۴۹، ۱۵۰، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۹۵، ۱۰۷، ۱۰۸، ۵۸، ۱۲۱، ۱۶۳، ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۵۶، ۲۰، ۱۷۰، ۱۷۱، ۱۷۳، ۱۷۲، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۹۰، ۱۸۶	۳۵/۰۸	۰/۰۲
۱۰	۱۹۲، ۱۹۳، ۱۹۴، ۱۹۵، ۱۹۶، ۱۹۷، ۱۹۸، ۱۵۶، ۱۵۷، ۱۵۸،۱۵۹، ۱۶۰، ۱۶۱، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۳۶، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۷۷، ۱۷۸، ۹۱، ۹۲، ۹۸، ۱۰۹، ۱۰۱، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۴، ۱۸۵، ۱۸۷، ۱۸۸، ۱۶۷، ۱۶۸، ۱۱۱، ۹۴، ۹۹، ۱۰۲، ۱۰۳، ۷۹، ۱۲۴، ۱۲۵	۳۵/۰۵	۰/۰۵
۱۱	۱۲۶، ۱۲۷، ۸۰، ۱۲۸، ۱۱۲، ۱۱۳، ۱۱۴، ۹۶	۱۷/۵۴	۱۷/۵۶
مجموع		۳۶۸/۱۲	۱۷/۹۸

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۴. نتایج تخصیص روش اولویت وزنی

ایستگاه	کد فعالیتهای تخصیص یافته	زمان ایستگاه	زمان بیکاری
۱	۱۰۴	۳۵/۰۵	۰/۰۵
۲	۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۱۰۵، ۶۳، ۶۴، ۱۰۶، ۴۵، ۱۵۳، ۱۵۴، ۱۲۲، ۱۷۴	۳۵/۰۳	۰/۰۷
۳	۹، ۴۶، ۲۹، ۵۱، ۳۰، ۱، ۵۲، ۱۲۳، ۱۹۱، ۱۲۴، ۳۴، ۱۹۲، ۱۲۵، ۱۲۶، ۳۱، ۲، ۱۷۵، ۱۶۲	۳۵/۰۹	۰/۰۱
۴	۵۳، ۱۱۰، ۱۹۳، ۱۱، ۳، ۱۹۴، ۴۹، ۶۵، ۱۷۶، ۷۱، ۳۵، ۷۹	۳۵/۰۴	۰/۰۶
۵	۱۶، ۱۹۵، ۱۷۷، ۸۲، ۵۴، ۱۷۸، ۸۸، ۷۲، ۳۶، ۱۷۹، ۷۵، ۱۳۱، ۱۸۰، ۸۳، ۱۵۵	۳۴.۹۷	۰/۱۳
۶	۱۶۹، ۱۸۱، ۵۰، ۸۹، ۷۸، ۳۷، ۱۹۶، ۱۴۱، ۱۴۷، ۴۷، ۱۳۲	۳۵/۰۳	۰/۰۷
۷	۱۲۷، ۱۲۹، ۱۴۲، ۱۴۵، ۷۶، ۱۹۹، ۷، ۸، ۸۴، ۷۳، ۷۴، ۲۲، ۱۲، ۱۵۶، ۲۴، ۱۵۷، ۹۱	۳۵/۰۹	۰/۰۱
۸	۱۵۱، ۱۳۷، ۱۱۹، ۱۴۸، ۱۶۳، ۱۷۰، ۱۸۲، ۱۵۸، ۱۸۳، ۱۷۱، ۱۶۴، ۱۳۳، ۱۴۳، ۱۹۷، ۱۳۴، ۱۴۶، ۲۸، ۱۰۷، ۴۸، ۱۳۵، ۱۸۴، ۱۰۸	۳۵/۰۳	۰/۰۷
۹	۱۵۲، ۹۰، ۸۵، ۱۴۴، ۶۶، ۱۷۳، ۱۸۵، ۱۲۰، ۱۵۹، ۶۷، ۸۱، ۱۳، ۱۱۱، ۳۸، ۸۶، ۸۰، ۱۲۸، ۱۱۲، ۴۲، ۱۱۸، ۱۸۷، ۱۰۲، ۱۰۹	۳۵/۰۹	۰/۰۱
۱۰	۱۳۰، ۱۶۰، ۷۷، ۳۳، ۱۸۹، ۱۶۵، ۴۳، ۱۵، ۱۷، ۵، ۱۰، ۱۴۹، ۶، ۱۱۵، ۱۹۰، ۱۸۸، ۱۳۸، ۳۲، ۲۱، ۱۶۶، ۱۵۰، ۴۴، ۱۴۰، ۷۰، ۶۸، ۶۹، ۲۳، ۲۵، ۵۶، ۲۰، ۱۶۷	۳۵/۰۴	۰/۰۶
۱۱	۳۹، ۱۹۸، ۱۹، ۴۰، ۱۳۶، ۵۵، ۲۶، ۱۸۶، ۱۱۶، ۴۱، ۱۴، ۱۸، ۱۱۳، ۱۶۸، ۸۷، ۴، ۵۷، ۲۷، ۱۷۲، ۹۳، ۹۷، ۹۲، ۱۳۹، ۹۵، ۱۲۱، ۵۸، ۱۶۱، ۱۰۳، ۹۸، ۱۱۷، ۱۰۰، ۱۰۱، ۹۴، ۱۱۴، ۹۹، ۹۶	۱۷/۶۶	۱۷/۴۴
	مجموع	۳۶۸/۱۲	۱۷/۹۸



شکل ۱. فلوچارت تخصیص عناصر به ایستگاههای کاری

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

۴-۲-۱. محاسبه برخی از معیارها برای روش اولویت وزنی و LCR [۱۸و۱۹]

کارایی خط مونتاژ: کارایی خط با توجه به تعداد ایستگاه کاری و زمان سیکل یکسان، برای دو روش برابر می باشد. مقدار آن با استفاده از رابطه (۲) برابر است با:

$$E_2 = \frac{۳۶۸/۱۲}{۱۱ \times ۳۵/۱} \times ۱۰۰ = ۹۵/۳٤$$

فاصله تعادل: فاصله تعادل برای دو روش برابر می باشد؛ مقدار آن با استفاده از رابطه (۴) برابر است با:

$$BD_2 = \frac{۱۱ \times ۳۵/۱ - ۳۶۸/۱۲}{۱۱ \times ۳۵/۱} \times ۱۰۰ = ٤/٦$$

ضریب هموارسازی: با توجه به اولویت مختلف دو روش برای تخصیص فعالیتها، توزیع کار بین ایستگاههای کاری در دو روش متفاوت می باشد؛ مقدار آن با استفاده از رابطه (۳) قابل محاسبه است.

ضریب هموارسازی در روش LCR برابر است با:

$$S.I_2 = \sqrt{[(۳۵/۱ - ۳۵/۰۵)^۲ + (۳۵/۱ - ۳۵/۰۹)^۲ + ...}$$
$$\sqrt{... + (۳۵/۱ - ۱۷/۵٤)^۲]} = ۱۷/۵٦$$

ضریب هموارسازی در روش اولویت وزنی نیز برابر است با:

$$S.I_2 = \sqrt{[(۳۵/۱ - ۳۵/۰۵)^۲ + (۳۵/۱ - ۳۵/۰۳)^۲ + ...}$$
$$\sqrt{... + (۳۵/۱ - ۱۷/٦٦)^۲]} = ۱۷/٤٤$$

Q(تعداد تولید): تعداد تولید مورد انتظار سالانه با استفاده از رابطه (۵) برای وضعیت بعد از متعادل سازی برابر است با:

$$Q_2 = \frac{۲٦۷ \times ۳۸۰}{۳۵/۱} = ۲۸۹۰/۵۹ \approx ۲۸۹۱$$ دستگاه در سال

۴- ۲- ۲. مقایسه وضعیت موجود و وضعیت پیشنهادی

نتایج به دست آمده از اجرای روش های LCR و اولویت وزنی مبتنی بر یافته های این تحقیق به شرح زیر می باشد:

کاهش زمان سیکل کاری: زمان سیکل کاری از ۵۷/۸۹ به ۳۵/۱ کاهش یافته است. میزان این بهبود برابر است با:

$$\Delta C = \frac{۳۵/۱ - ۵۷/۸۹}{۵۷/۸۹} \times ۱۰۰ = -۳۹/۳٦\%$$

علامت منفی نشان دهنده کاهش زمان سیکل کاری است و میزان این کاهش ۳۹/۳۶ ٪ می باشد. این بهبود در هر دو روش یکسان است.

افزایش کارایی خط مونتاژ: کارایی خط مونتاژ از ۵۷/۸۰٪ به ۹۵/۳۴٪ افزایش یافته است.

$$\Delta E = \frac{۹۵/۳٤ - ۵۷/۸۰}{۵۷/۸۰} \times ۱۰۰ = ٦٤/۹٤\%$$

علامت مثبت نشان دهنده افزایش کارایی است و میزان این افزایش ۶۴/۹۴٪ می باشد.

کاهش زمانهای بیکاری: زمانهای بیکاری در هر دو روش کاهش یافته است؛ میزان این بهبود برابر است با:

$$\frac{۱۷/۹۸ - ۲٦۸/٦۷}{۲٦۸/٦۷} \times ۱۰۰ = -۹۳/۳\ \%$$

با نزدیکی این شاخص به ۱۰۰٪- ، از نظر تئوریک زمانهای بیکاری به صفر میل می کند.

کاهش ضریب هموارسازی: بهبود عمده بعدی در ضریب هموارسازی است. میزان این بهبود در روش LCR برابر است با:

$$\Delta S.I\% = \frac{۱۷/۵٦ - ۹۷/۹۰}{۹۷/۹۰} \times ۱۰۰ = -۸۲/۰٦\%$$

میزان این بهبود در روش اولویت وزنی برابر است با:

$$\Delta S.I\% = \frac{۱۷/٤٤ - ۹۷/۹۰}{۹۷/۹۰} \times ۱۰۰ = -۸۲/۱۸\%$$

کاهش فاصله تعادلی: با توجه به بهبود زمان سیکل کاری این شاخص نیز بهبود یافته است؛ میزان این بهبود برابر است با:

$$\Delta B.D\% = \frac{٤/٦٦ - ٤۲/۱۱}{٤۲/۱۱} \times ۱۰۰ = -۸۸/۹۳\%$$

افزایش تعداد تولید: با کاهش زمان سیکل کاری تولید، تعداد تولید سالانه افزایش می یابد؛ میزان افزایش تولید و بهبود برابر است با:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = ۲۸۹۱ - ۱۷۵۳ = ۱۱۳۸$$

$$\Delta Q\% = \frac{۲۸۹۱ - ۱۷۵۳}{۱۷۵۳} \times ۱۰۰ = ٦٤/۹۲\%$$

میزان سود حاصل از افزایش تولید: با اجرای روش پیشنهادی، تعداد تولید ۱۱۳۸ دستگاه افزایش می یابد. طبق مطالعات انجام شده در سازمان ۷۷٪ محصولات در بازار داخلی و ۲۳٪ محصولات در بازارهای خارجی به فروش می رسد. سود حاصل از فروش محصول در بازارهای داخلی و خارجی به ترتیب برابر ۴۰۰۰۰۰۰ ریال و ۶۰۰۰۰۰۰ ریال می باشد. به منظور محاسبه سود ریالی حاصل از رابطه (۱۰) استفاده می شود [۱۸].

$$Y = P \times \Delta Q \times M_1 + (1 - p) \times \Delta Q \times M_2 \qquad (۱۰)$$

$$Y = ۰/۷۷ \times ۱۱۳۸ \times ٤۰۰۰۰۰۰ +$$
$$۰/۲۳ \times ۱۱۳۸ \times ٦۰۰۰۰۰۰ = ۵۰۷۵۳۱۹۳٦۹$$

کاهش سهم هزینه ثابت هر واحد محصول: با افزایش میزان تولید سهم هر واحد محصول از هزینه ثابت کاهش می یابد. سهم هر محصول از هزینه ثابت از رابطه (۱۱) به دست می آید [۲۰].

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۵. فروش و بهای متغیر محصول

محصول	قیمت	هزینه متغیر	حاشیه سود	ترکیب در کل فروش سالیانه (درصد)
بازار داخل	۹۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۸۴۷۶۸۰	۸۱۱۵۲۳۲۰	۷۷
بازار خارج	۱۰۲۰۰۰۰۰۰	۱۰۸۴۷۶۸۰	۹۱۱۵۲۳۲۰	۲۳
جمع	۱۹۴۰۰۰۰۰۰	۲۱۶۹۵۳۶۰	۱۷۲۳۰۴۶۴۰	۱۰۰

$$K = \frac{FC}{X} \qquad (۱۱)$$

تعداد محصولات تولید شده از زمان راه اندازی شرکت ۶۷۴۷ واحد می باشد[۲۲] با فرض اینکه شرکت یک سال دیگر تولید انجام دهد بدون اجرای متعادل سازی ۱۷۵۳ واحد و با اجرای متعادل سازی ۲۸۹۱ واحد تولید خواهد کرد و در نتیجه میزان تولید کل با احتساب یک دوره یکساله برای وضعیت قبل از متعادل سازی ۸۵۰۰ و بعد از متعادل سازی ۹۶۳۸ می باشد. از آنجاکه مجموع هزینه های ثابت جامعه آماری تحقیق برابر ۵۱٬۱۲۰٬۰۰۰٬۰۰۰ ریال می باشد بنابراین سهم هر واحد قبل از متعادل سازی K_1 و بعد از متعادل سازی K_2 طبق رابطه (۱۱) برابر است با:

$$K_1 = \frac{۵۱٬۱۲۰٬۰۰۰٬۰۰۰}{۸۵۰۰} \approx ۶٬۰۱۴٬۱۱۸$$

$$K_2 = \frac{۵۱٬۱۲۰٬۰۰۰٬۰۰۰}{۹۶۳۸} \approx ۵٬۳۰۴٬۰۰۵$$

میزان این بهبود برابر است با:

$$\Delta K\% = \frac{۵۳۰۴۰۰۵ - ۶۰۱۴۱۱۸}{۶۰۱۴۱۱۸} \times ۱۰۰ = -۱۴\%$$

کاهش زمان تلف شده در خط مونتاژ

زمان استاندارد تولید یک واحد محصول با توجه به زمان سیکل ۳۵/۰۵ دقیقه می باشد و با اجرای متعادل سازی میزان تولید سالانه به ۲۸۹۱ واحد افزایش می یابد، بنابراین پیش بینی زمان تلف شده برابر است با [۲۱]:

ساعات استاندارد تولید واقعی $۲۸۹۱ \times ۳۵/۰۵ = ۱۰۱۳۳۰$

ساعات بودجه شده قبل از تعادل $۲۸۹۱ \times ۵۷/۸۹ = ۱۶۷۳۶۰$

ساعات بودجه شده بعد از تعادل $۲۸۹۱ \times ۳۵/۱ = ۱۰۱۴۷۴$

زمان تلف شده قبل از تعادل $۱۶۷۳۶۰ - ۱۰۱۳۳۰ = ۶۶۰۳۰$

زمان تلف شده بعد از تعادل $۱۰۱۴۷۴ - ۱۰۱۳۳۰ = ۱۴۵$

میزان بهبود در این شاخص برابر است با:

$$\frac{۱۴۵ - ۶۶۰۳۰}{۶۶۰۳۰} \times ۱۰۰ = -۹۹/۷۸\%$$

از نظر تئوریک با نزدیک شدن این بهبود به ۱۰۰٪- زمان تلف شده به صفر میل می کند

افزایش حاشیه ایمنی: حاشیه ایمنی مقیاسی جهت نشان دادن فاصله بین سطح واقعی فروش و میزان فروش در نقطه سر به سر می باشد که معمولاً به صورت درصدی از فروش پیش بینی شده بیان می کنند و فرمول محاسبه آن به صورت زیر است [۲۰]:

$$MS = \frac{S - S^*}{S} \qquad (۱۲)$$

فروش در نقطه سر به سر با رابطه (۱۳) محاسبه می شود (قیمت فروش و بهای متغیر هر واحد محصول از اسناد و مدارک موجود در جامعه آماری استخراج شده است (جدول ۵)) [۲۲]:

$$S^* = \frac{FC}{CMR} \qquad (۱۳)$$

میانگین وزنی نسبت حاشیه فروش سبد محصولات برابر است با:

$$CMR' = \left(\frac{۹۲۰۰۰۰۰۰ - ۱۰۸۴۷۶۸۰}{۹۲۰۰۰۰۰۰} \times ۷۷\%\right) + \left(\frac{۱۰۲۰۰۰۰۰۰ - ۱۰۸۴۷۶۸۰}{۱۰۲۰۰۰۰۰۰} \times ۲۳\%\right) = ۰/۸۹$$

مبلغ ریالی فروش در نقطه سر به سر طبق رابطه (۱۳) برابر است با:

$$S^* = \frac{۵۱٬۱۲۰٬۰۰۰٬۰۰۰}{۸۹\%} \approx ۵۷٬۴۳۸٬۲۰۲٬۲۴۷$$

درصد حاشیه سود بازار داخل و خارج در کل حاشیه سود شرکت برابر است با:

$$\frac{۸۱۱۵۲۳۲۰}{۱۷۲۳۰۴۶۴۰} \times ۱۰۰ = ۴۷/۱\%$$

$$\frac{۹۱۱۵۲۳۲۰}{۱۷۲۳۰۴۶۴۰} \times ۱۰۰ = ۵۲/۹\%$$

فروش ریالی سر به سر برای بازار داخل و خارج برابر است با:

$$۵۷۴۳۸۲۰۲۲۴ \quad ۷ \times ۴۷/۱\% = ۲۷٬۰۵۳٬۳۹۳٬۲۵۸$$

$$۵۷۴۳۸۲۰۲۲۴ \quad ۷ \times ۵۲/۹\% = ۳۰٬۳۸۴٬۸۰۸٬۹۸۹$$

یک واحد محصول در بازار داخل و خارج به مبلغ ۹۲۰۰۰۰۰۰ و ۱۰۲۰۰۰۰۰۰ به فروش می رسد. تعداد تولید قبل از متعادل سازی ۸۵۰۰ واحد می باشد؛ با توجه به ترکیب فروش، مبلغ فروش قبل از متعادل سازی برای بازار داخل و خارج برابر است با:

[22] . Q و ΔQ برای یک دوره برنامه ریزی یکساله محاسبه شده است ولی برای محاسبه سهم هزینه ثابت یک واحد محصول، کل تولیدات شرکت از زمان راه اندازی باید در نظر گرفته شود.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

$$۸۵۰۰ \times ۷۷٪ \times ۹۲۰۰۰۰۰۰ = ۶۰۲٬۱۴۰٬۰۰۰٬۰۰۰$$
$$۸۵۰۰ \times ۲۳٪ \times ۱۰۲۰۰۰۰۰۰ = ۱۹۹٬۴۱۰٬۰۰۰٬۰۰۰$$

حاشیه ایمنی قبل از متعادل سازی برای محصول بازار داخل MS_1 و خارج MS'_1 طبق رابطه (۱۲) برابر است با:

$$MS_1 = \frac{۶۰۲٬۱۴۰٬۰۰۰٬۰۰۰ - ۲۷٬۰۵۳٬۳۹۳٬۲۵۸}{۶۰۲٬۱۴۰٬۰۰۰٬۰۰۰} \approx ۰/۹۵$$
$$MS'_1 = \frac{۱۹۹٬۴۱۰٬۰۰۰٬۰۰۰ - ۳۰٬۳۸۴٬۸۰۸٬۹۸۹}{۱۹۹٬۴۱۰٬۰۰۰٬۰۰۰} \approx ۰/۸۵$$

با اجرای متعادل سازی تعداد کل تولیدات به ۹۶۳۸ واحد افزایش می یابد. با توجه به ترکیب فروش، مبلغ فروش بعد از متعادل سازی برای بازار داخل و خارج برابر است با:

$$۹۶۳۸ \times ۷۷٪ \times ۹۲۰۰۰۰۰۰ = ۶۸۲٬۷۵۵٬۹۲۰٬۰۰۰$$
$$۹۶۳۸ \times ۲۳٪ \times ۱۰۲۰۰۰۰۰۰ = ۲۲۶٬۱۰۷٬۴۸۰٬۰۰۰$$

حاشیه ایمنی بعد از متعادل سازی برای محصول بازار داخل MS_2 و خارج MS'_2 طبق رابطه (۱۲) برابر است با:

$$MS_2 = \frac{۶۸۲٬۷۵۵٬۹۲۰٬۰۰۰ - ۲۷٬۰۵۳٬۳۹۳٬۲۵۸}{۶۸۲٬۷۵۵٬۹۲۰٬۰۰۰} \approx ۰/۹۶$$
$$MS'_2 = \frac{۲۲۶٬۱۰۷٬۴۸۰٬۰۰۰ - ۳۰٬۳۸۴٬۸۰۸٬۹۸۹}{۲۲۶٬۱۰۷٬۴۸۰٬۰۰۰} \approx ۰/۸۷$$

با افزایش حاشیه ایمنی وضعیت شرکت ایمن تر تلقی می شود، چون خطر کمتری برای رسیدن به نقطه سر به سر وجود دارد [۲۰]. میزان بهبود حاشیه ایمنی با اجرای متعادل سازی برای محصول بازار داخل و خارج برابر است با:

$$\Delta MS\ \% = \frac{۰/۹۶ - ۰/۹۵}{۰/۹۵} \times ۱۰۰ = ۱/۱٪$$
$$\Delta MS'\% = \frac{۰/۸۷ - ۰/۸۵}{۰/۸۵} \times ۱۰۰ = ۲/۴٪$$

۶. نتیجه گیری

نتایج حاصل از یافته های تحقیق نشان می دهد که با اجرای متعادل سازی خطوط مونتاژ، زمان سیکل تولید با کاهش حدود ۴۰ درصدی از ۵۷/۸۹ دقیقه به ۳۵/۱ دقیقه کاهش می یابد. همچنین در اثر این متعادل سازی، کارایی خط مونتاژ از ۵۷/۸ درصد به ۹۵/۳۴ درصد افزایش می یابد که این امر یک بهبود حدود ۶۵ درصدی نشان می دهد. میزان تولید نیز درنتیجه متعادل سازی از ۱۷۵۳ به ۲۸۹۱ افزایش پیدا می‌کند که این تغییر در تولید، نرخ رشد ۶۴/۹۲ درصدی را شامل می‌شود؛ از طرف دیگر با کاهش سهم هزینه ثابت هر واحد محصول به میزان ۱۲ درصد، قیمت تمام شده هر واحد محصول کاهش پیدا می‌کند. این امر باعث افزایش حاشیه سود شرکت خواهد شد. مقایسه بقیه شاخص‌های تولیدی قبل و بعد از انجام متعادل سازی نشان می دهد که زمان‌های بیکاری، ضریب هموارسازی، فاصله تعادل و زمان‌های تلف شده همگی بهبود یافته‌اند. ضمناً مقایسه نتایج دو روش هیورستیک به کار رفته برای متعادل سازی نتایج یکسانی، به جز شاخص هموارسازی ارائه می کنند؛ به عبارت دیگر توزیع کار در روش اولویت وزنی کمی بهتر از روش LCR می باشد. بطور کلی، جدول (۶)، خلاصه نتایج به دست آمده برای وضعیت موجود و پیشنهادی را نشان می دهد:

جدول ۶. مقایسه وضعیت موجود و وضعیت مطلوب

	وضعیت موجود	وضعیت مطلوب بر اساس LCR	وضعیت مطلوب بر اساس اولویت وزنی	بهبود بر اساس LCR (درصد)	بهبود بر اساس اولویت وزنی (درصد)
زمان سیکل (دقیقه)	۵۷/۸۹	۳۵/۱	۳۵/۱	-۳۹/۳۶	-۳۹/۳۶
کارایی	۵۷/۸۰	۹۵/۳۴	۹۵/۳۴	۶۴/۹۴	۶۴/۹۴
زمانهای بیکاری	۲۶۸/۶۷	۱۷/۹۸	۱۷/۹۸	-۹۳/۳	-۹۳/۳
ضریب هموارسازی	۹۷/۹۰	۱۷/۵۶	۱۷/۴۴	-۸۲/۰۶	-۸۲/۱۸
فاصله تعادل	۴۲/۱۱	۴/۶۶	۴/۶۶	-۸۸/۹۳	-۸۸/۹۳
تعداد تولید	۱۷۵۳	۲۸۹۱	۲۸۹۱	۶۴/۹۲	۶۴/۹۲
سهم هزینه ثابت هر واحد محصول	۶۰۱۴۱۱۸	۵۳۰۴۰۰۵	۵۳۰۴۰۰۵	-۱۲	-۱۲
حاشیه ایمنی محصول بازار داخل	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۶	۱/۱	۱/۱
حاشیه ایمنی محصول بازار خارج	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۷	۲/۴	۲/۴
ظرفیت بلااستفاده	۶۶۰۳۰	۱۴۵	۱۴۵	-۹۹/۷۸	-۹۹/۷۸
افزایش سود ناشی از متعادل سازی (ریال)			۵٬۰۷۵٬۳۱۹٬۳۶۹		

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]

منابع

[۱] مظفر، عباس.، اکبری جوکار، محمد رضا.، «انواع مسائل متعادل سازی خطوط مونتاژ،» مجله صنایع، شماره ۲، صفحه ۲۳ زمستان ۱۳۷۱.

[۲] بیگدلی، منوچهر.، «متعادل سازی خط مونتاژ موتور پژو ۴۰۵ »، مجله صنایع، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف، شماره ۴، صفحه ۹- ۸، ۱۳۷۳.

[۳] صفوی، سید محسن.، «درس مونتاژ مکانیکی » [جزوه]، دانشگاه صنعتی اصفهان : دانشکده مهندسی صنایع، ۱۳۸۲.

[۴] ترابی، سیدمصطفی.، «بررسی تئوریک متعادل سازی خط مونتاژ با هدف مقایسه و ارائه الگوریتم بهینه متعادل سازی در واحد مونتاژ موتور پیکان کارخانه ایران خودرو»، پایان نامه کارشناسی ارشد چاپ شده، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۳ .

[۵] سیدحسینی، سیدمحمد.، «مدیریت کارخانه »، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، چ ششم، ۱۳۸۰.

[۶] تقی زاده، هوشنگ.، پورتقی انوریان، جواد.، «آنالیز ارزش و کاربرد آن در خطوط مونتاژ»، مجله اقتصاد و مدیریت، شماره ۷۱، صفحه ۶۷ـ۸۴، زمستان ۱۳۸۵.

[۷] سیگل، شیم.، « حسابداری مدیریت »، ترجمه پرویز بختیاری، تهران: سازمان مدیریت صنعتی، چ دوم، ۱۳۸۳.

[۸]« حسابداری صنعتی » جلد دوم، شماره ۴۸، ترجمه عالی ور، عزیز و دیگران، تهران: مرکز تحقیقات تخصصی حسابداری و حسابرسی سازمان حسابرسی، چ دهم، ۱۳۷۵.

[۹] متقی، هایده.، « مدیریت تولید و عملیات »، تهران: انتشارات آوای پاتریس، چ دوم، ۱۳۸۴.

[10] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A., *"A Classification of Assembly Line Balancing Problems"*, European Journal of Operational Research, Vol. 183, Issue 2, 1 December 2007, pp. 674-693.

[11] Ketmateekaroon, N., Hassamontr, J., *"Heuristic-Based Optimization Models for Assembly Line Balancing in Garment Industry"*, Department of Production Engineering, King Mongkut Institute of Technology North Bangkok, 2004.

[12] Scholl, A., Becker, C., *"State-of-the-Art Exact and Heuristic Solution Procedures for Simple Assembly line Balancing"*, European Journal of Operational Research, Vol. 168, Issue 3, 1 February 2006, pp. 666-693.

[13] Lapierre Sophie, D., Ruiz, A., Soriano, P., "*Balancing Assembly Lines with Tabu Search*", European Journal of Operational Research, Vol. 168, Issue 3, 1 February 2006, pp. 826-837.

[14] Ghosh, S., Gagnon Roger, J., *"A Comprehensive Literature Review and Analysis of the Design, Balancing and Scheduling of Assembly Systems*", International Journal of Production Research, Vol. 27, Issue 4, April 1989, pp. 637-670.

[15] Liu a, C.M., Chiou, J.M., *"Design and Performance Evaluation of Closed Automatic Assembly Systems*", International Journal of Production Research, Vol. 28, Issue 9, September 1990 , pp. 1577-1593.

[16] Kabir, M.A., Tabucanon, M.T., *"Batch-Model Assembly Line Balancing: A Multiattribute Decision Making Approach"*, International Journal of Production Economics, Vol. 41, Issues 1-3, October 1995, pp. 193-201.

[17] Merengo, C., Nava, F., Pozzetti, A., *"Balancing and Sequencing Manual Mixed-Model Assembly Lines*", International Journal of Production Research, Vol. 37, No 12, 15 August 1999, pp. 2835-2860.

[18] Kilbridge, M., Wester, L., *"The Balance Delay Problem"*, Management Science, Vol. 8, No. 1, October 1961, pp. 69-84.

[19] Becker, C., Scholl, A., *"A Survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing"*, European Journal of Operational Research, Vol. 168, Issue 3, 1 February 2006, pp. 694-715.

[20] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A., "*Which Model to Use When*?", International Journal of Production Economics Vol. 111, Issue 2, February 2008, pp. 509-528.

[21] Kilbridge, M.D., Wester, L., *"A Heuristic Method of Assembly Line Balancing"*, Industrial Engineering, Vol.12, 1961, pp. 292-298.

[22] Driscoll, J., Thilakawardana, D., *"The Definition of Assembly Line Balancing Difficulty and Evaluation of Balance Solution Quality*", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 17, Issues 1-2, February 2001, pp. 81-86.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-11-03]