البدائل الاجتهادية في موازنة خط إنتاج المجمدات في شركة الصناعات الخفيفة

أ. م. حيدر شاكر نوري
aliali12121979@Gmail.com
جامعة ديالى - كلية الإدارة والاقتصاد

م. كريم قاسم محمد
ka1973reem@gmail.com
جامعة ديالى - كلية الإدارة والاقتصاد

م. د قصي عبد الخالق فاضل
qussy@ecomang.uodiyala.iq
جامعة ديالى - كلية الإدارة والاقتصاد

المستخلص

يفتقر خط إنتاج المجمدات عينة البحث في شركة الصناعات الخفيفة مجتمع البحث، إلى موازنة علمية، الأمر الذي سبب ارتفاع الأوقات الضائعة في محطات الإنتاج وانخفاض الكفاءة فيه، لذلك هدف البحث للتعرف على الواقع الحقيقي لموازنة خط إنتاج المعمل، ومقارنته مع خمسة طرائق اجتهادية مقترحة لاختيار الأفضل منها، والتي أظهرت أفضلية طريقة الوقت الأطول للأنشطة، بأقل عدد من المحطات، وأقل وقت ضائع وأعلى كفاءة تشغيل .

الكلمات المفتاحية: الترتيب الداخلي، الترتيب على أساس المنتج، موازنة الخط الإنتاجي.

Heuristics alternatives in the Freezers production line at Light Industries Company

Assist. Prof. Hayder SH. Noory
aliali12121979@Gmail.com

Lect. Kareem K. Mohammed
ka1973reem@gmail.com

University of Diyala - College of Administration and Economics

Lect. Dr. Qussay Abd - K. Fadel
qussy@ecomang.uodiyala.iq

University of Diyala - College of Administration and Economics

Abstract: *The freezer production line in the light industry lacks the research community to a scientific budget, which caused the high lost times in production stations and low efficiency in it. Therefore the aim of the research is to identify the real reality of balancing the production line of the plant, And compared with five Heuristics suggested methods for selecting the best ones, which showed the preference for the longest time method of activities, with the lowest number of stations, the lowest time lost and the highest operating efficiency.*

Keywords: Layout, Product – Oriented Layout, Production line balancing.

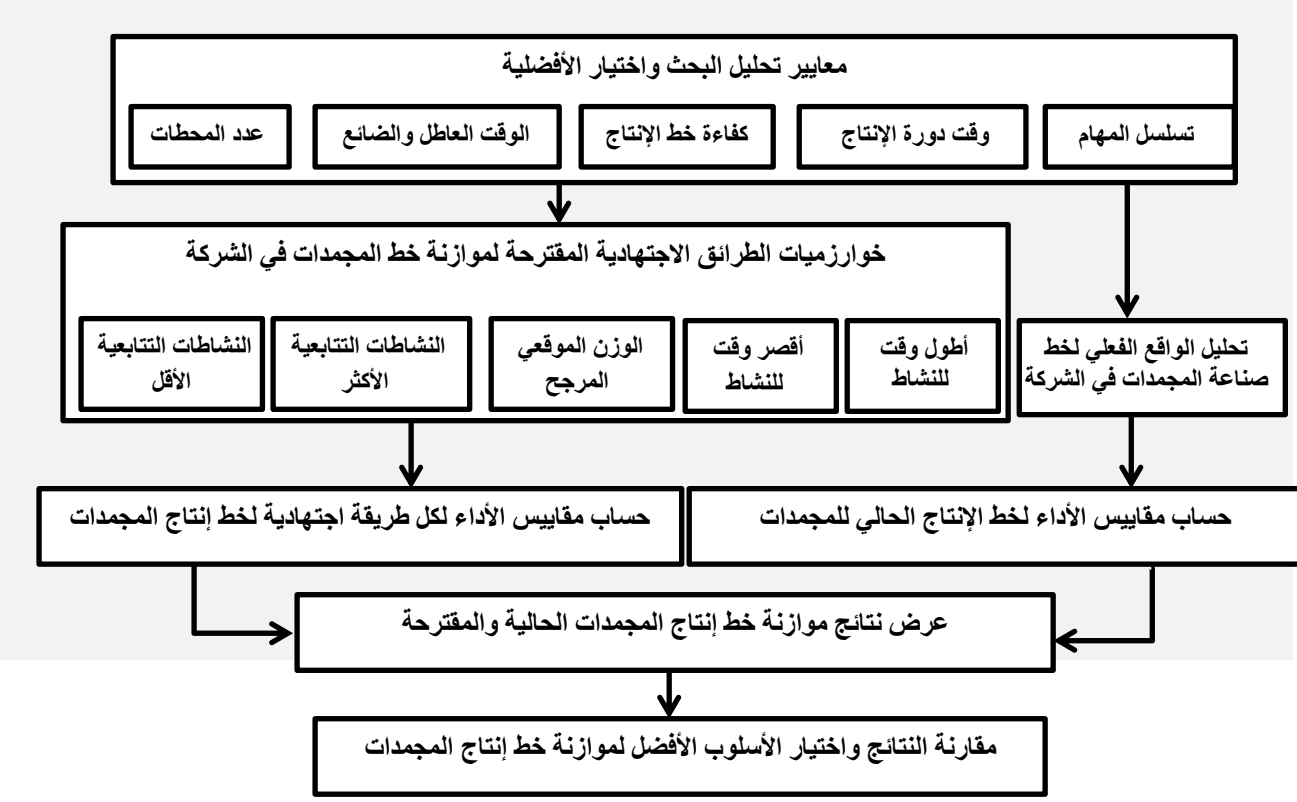
المقدمة

موازنة خطوط الإنتاج أحد أساليب الترتيب الداخلي ومن أهم قرارات إدارة العمليات تهدف إلى زيادة كفاءة الإنتاج والتخلص من الأوقات الضائعة أو الفائضة في محطات العمل، إذ أن خطوط الإنتاج غير الموزونة غير فاعلة في استغلال عناصر الإنتاج، وتكلف ما بين (20% - 50%) من تكاليف التشغيل. لذلك نأمل أن نقدم مساهمة لموازنة خطوط الإنتاج في شركة الصناعات الخفيفة، لتحديد الترتيب الأفضل من خلال المقارنة بين الموازنة الحالية لخط إنتاج المجمدات مع بدائل موازنة اجتهادية، وفق مجموعة معايير (مقاييس) الأمر الذي يؤدي إلى تحسين أداء الشركة بالمجمل.

المبحث الأول: منهجية البحث وبعض الدراسات السابقة

أولاً: منهجية البحث

1. **مشكلة البحث:** استحوذت مشكلة ترتيب خط إنتاج المجمدات في شركة الصناعات الخفيفة، إذ لا زالت تعتمد على العقد التأسيسي للشركة ونظامها الإنتاجي، لذلك حفز الباحث إلى تطبيق موازنة علمية لخطوط إنتاج المجمدات فيها، عن طريق تحديد مدى فاعلية الترتيب المُتبع في الشركة مقارنةً بالطرائق الاجتهادية لتحقيق أعلى كفاءة ممكنة.
2. **أهداف البحث:** يهدف البحث إلى موازنة خطوط الإنتاج في منظمات التصنيع واعتماده في شركة الصناعات الخفيفة، عن طريق تقييم الواقع الفعلي لموازنة خط إنتاج المجمدات ومقارنته مع الطرائق الاجتهادية للموازنة، ومن ثم تقديم توصيات لإدارة الشركة في ضوء نتائج البحث لزيادة كفاءة الخط الإنتاجي فيها.
3. **أهمية البحث:** تكمن أهمية البحث بمدى ما يحظى الترتيب الداخلي بالدراسة والتحليل المستمرين ليأتي بإضافة تطبيقية تتجسد في تحديد الموازنة الأفضل لخط إنتاج المجمدات لرفع كفاءة الخط الإنتاجي وتقليل التكاليف والأوقات الضائعة أو الاختناقات الحاصلة فيه، فضلاً عن كشف أوجه القصور التي تعاني منها الشركة في هذا المجال.
4. **فرضية البحث**: هناك اختلاف بين مقاييس الأداء: (وقت دورة الإنتاج، ومعدل الإنتاج، وكفاءة الخط، والوقت العاطل والضائع، وعدد المحطات) الناتجة عن الترتيب الحالي عن مقاييس الأداء الناتجة عن الطرائق الاجتهادية.
5. **المخطط الإجرائي للبحث:** ويعطي تصوراً عاماً للخطوات الإجرائية لتحليل البحث. كما يتضح في الشكل الآتي:



شكل (1): المخطط الإجرائي للبحث

6. **منهج البحث:** تم اعتماد منهج دراسة الحالة وبمؤشرات حقيقية، لتقديم حلولاً موضوعية لمشكلة البحث .
7. **عينة البحث:** جرى تطبيق البحث في معمل المجمدات والذي اختير بشكل متعمد لمطابقته لموضوع البحث .
8. **حدود البحث:** تم اختيار بيانات عام 2015 لموازنة خط إنتاج المجمدات في الشركة، ضمن جغرافية محافظة بغداد .
9. **بيانات البحث:** استخدمت مراجع علمية ذات صلة بالجانب النظري، أما العملي فبياناته أخذت من سجلات الشركة .
10. **أدوات البحث::** تم تحليل البيانات كمياً عن طريق مقاييس الأداء: (تسلسل المهام، ووقت دورة الإنتاج، وكفاءة الخط، والوقت العاطل والضائع، وعدد المحطات)، فضلاً عن خوارزميات الطرائق الاجتهادية: (أطول وقت نشاط، وأقصر وقت نشاط، والوزن المرجح، وأكبر عدد من النشاطات التتابعية، وأقل عدد من النشاطات التتابعية) .

ثانياً: دراسات سابقة

1. **بحث (الموسوي، 2004):** " تصميم نظام خبير لتوازن خطوط الإنتاج " واعتمد البحث دراسة الحالة، باستخدام تقنية الأنظمة الخبيرة ضمن تقنيات الذكاء الصناعي، وفق معيار الكفاءة، والوقت العاطل .

2. **بحث (داود، 2006):** " موازنة خطوط الإنتاج بطريقتي Largest rule & Moodi-Young " بثمانية معايير تتمثل بكفاءة الخط ونسبة التأخير والوقت العاطل ونسبته ومؤشر الانسيابية والفاعلية ومعدل الإنتاج ومتوسط وقت الخدمة) .
3. **بحث (العامري وداود، 2009):** " اختبار أساليب موازنة خطوط الإنتاج " للتعرف على طرائق موازنة خط الإنتاج واختيار الطريقة الأفضل من بينها، في شركة الصناعات الخفيفة مصنع الثلاجة 9 قدم لتحقيق أعلى كفاءة في العمل.
4. **بحث (البياتي وجواد، 2010):** " الترتيب الداخلي: دراسة تطبيقية في شركة الصناعات الخفيفة " لمعرفة أثر الترتيب الداخلي في رفع مستوى كفاءة خط إنتاج المجمدة حجم 16 قدم وتوصل إلى عدم توازن خط الإنتاج الأمر الذي جعل كفاءة الخط 55% فقط، وهذا يؤدي إلى زيادة في الوقت الضائع بمقدار 4225 ثانية .
5. **بحث (Alzubaidy & Abd Alrazaq; 2013):** Multi-model Production and Assembly Line Balancing (Caravans Production Workshop) تم التركيز على الطريقة التقريبية لموازنة الخطوط التجميعية المتعددة النماذج باستخدام قاعدة ترتيب الأوزان في شركة الفداء العامة إذ زادت كفاءة خط إنتاج الكرفانات .
6. **بحث (Sawsan et al; 2015):** Balancing Mixed-Model Assembly line in Electronic Industries Company إذ اقترحوا أسلوباً لحل مشكلة موازنة خطوط التجميع المختلطة بطريقة دمج أقصر وأطول عملية في شركة الصناعات الإلكترونية والتي أدت إلى زيادة الكفاءة إلى 93.53 % .
7. **بحث (Nguyen et al; 2016):** Lean line balancing for an electronics assembly line لموازنة خطوط الإنتاج الرشيقة وتجنب نقطة عنق الزجاجة. والتخلص من النفايات. في مصانع تجميع الإلكترونيات في مدينة Hochiminh فيتنام. والتي يمكن اعتبارها قوة لتطبيق موازنة خطوط الإنتاج الرشيقة الأخرى في المصانع .
8. **بحث (Adnan et al; 2016):** Improvement of Overall Efficiency of production Line by Using Line Balancing في خط تجميع مقود السيارات Auto keen Sdn Bhd.(AKSB) لإعادة ترتيبه وإزالة الأنشطة غير الضرورية لعمليات التجميع في الخط ثم مقارنته مع الوضع الحالي ودلت النتائج على زيادة كفاءة خط الإنتاج.
9. **مناقشة البحوث السابقة:** يلاحظ أن أغلب البحوث طبقت في منظمات إنتاجية تصنيعية، الأمر الذي حفز الباحثين إلى دراسة الترتيب الداخلي في شركة الصناعات الخفيفة من وجهة نظر تختلف عن سابقاتها، ويتفق الباحثون مع من سبقنا على أثر الترتيب الداخلي في نجاح المنظمات وزيادة قدرتها على الإنتاج وتقليل التكاليف والاختناقات ومرونة نقل المواد والفائض في الوقت. وقد تفرد بحثنا عن سابقيه في موازنة خط إنتاج المجمدات في شركة الصناعات الخفيفة وفق الطرائق الاجتهادية الخمسة والمقارنة بينها، بهدف اختيار أفضلها في زيادة كفاءة أداء المعمل والشركة .

المبحث الثاني: الجانب النظري

أولاً: الترتيب الداخلي وموازنة خطوط الإنتاج في منظمات التصنيع

يتطلب ابتداءً توضيح الترتيب الداخلي قبل موازنة خط الإنتاج لأنه يلزم معرفة موقعه من الترتيب الداخلي للأعمال الصناعية أو الخدمية، إذ يعد أحد أهم قرارات إدارة الإنتاج والعمليات، ويعرفهُ (Reid and Sanders; 2002: 283) بأنه " ترتيب جميع الموارد التي تستخدم المساحة داخل المصنع مثل الأبنية والأشخاص أو المكاتب والأقسام". كما يرى (Slack et al; 2004: 205) بأنه " عملية تحديد مواقع جميع التسهيلات والمكائن والمعدات والعاملين داخل العمليات "، إذن فالترتيب الداخلي هو " كل ما يتعلق بتسهيل العمل وتنظيمه داخل المنظمة ولجميع عناصر العملية الإنتاجية من عاملين ومكائن وعُدد ومساحات للوصول إلى أكبر ما يمكن من مردود وبأقل جهد وتكاليف " وينقسم على أنواع وهي الآتي: (Reid and Sanders; 2002: 52-55) (Slack et al; 2004: 207) (يوسفات، 2015: 33– 34)

1. الترتيب على أساس المنتج: ويشتمل على (موازنة خطوط التجميع أو الإنتاج موضوع البحث الحالي).
2. الترتيب على أساس العملية .
3. الترتيب للموقع الثابت .
4. الترتيب الهجين .
5. الترتيب المتخصص .

ويعرَف (Waller; 2004: 860) الترتيب على أساس المنتج بأنه " عملية تحديد الفعاليات على خطوط تجميع المنتج ولكل محطة عمل في الخط تأخذ توازن بهدف تفادي عنق الزجاجة أو زيادة تكتل المخزون قيد المعالجة أو زيادة الوقت العاطل ". إذن فموازنة الخط الإنتاجي هي أحد أنواع الترتيب على أساس المنتج، وتعرَف بأنها " أمثلية المخرجات لكل محطة إنتاجية على طول خط الإنتاج لتقليل وقت التأخير أقل ما يمكن " (Heizer & Render; 2001: 355) إذ العمليات التي تفتقر إلى الموازنة تتسبب بضياع الأوقات، وهدر مبالغ كبيرة. فموازنة خط الإنتاج إذن هي "عملية تخصيص المهام على محطات خط الإنتاج بأفضل طريقة ممكنة " فالخط الإنتاجي غير الموازن لا يستغل كامل طاقة محطاته الإنتاجية، إذ المحطة تنتج ما تقدر على إنتاجه بحسب قدرتها وما تحصل عليه من مدخلات من المحطة السابقة.

ثانياً: خطوات ترتيب خطوط الإنتاج وموازنتها

بدأت العمل بخطوط التجميع بأشكالها البسيطة في العام 1900 وفي مصانع شركة فورد FORD تحديداً (Al-zubaidy & Abd Alrazaq; 2013: 1301) وأخذ تركيب خطوط الإنتاج منذ ذلك الحين شكلين فإما أن تركب وترتب لأول مرة أو يعاد تشكليها وترتيبها (Boysen et al; 2006: 11)، وتتبع في الحالتين الخطوات الآتية:

1. يحلل المنتج إلى أجزاءه ومن ثم عدد من العمليات (مراحل إنتاج) وتسلسلاتها .
2. حساب الزمن القياسي لكل عملية من العمليات التي يؤدي إنجازها إلى صنع المنتج .
3. إيكال كل عملية أو مرحلة إنتاج لمحطة إنتاج محددة تتكون من عاملين وأدوات لإتمام مرحلة الإنتاج بشكل متكرر .
4. تُحدد الماكينات المطلوبة لمحطة الإنتاج مع ملحقاتها الضرورية لإتمام المرحلة الإنتاجية حسب المواصفات .
5. حساب الإنتاج اليومي المطلوب اعتماداً على عدد الأيام المتوافرة من بدء الإنتاج إلى التسليم مع بعض الاحتياط .

أما موازنة الخط الإنتاجي فتتم بحسب الخطوات الآتية: (Heizer & Render; 2004: 350 - 348) (Krajwski & Ritzman; 2005: 32) (اللامي والبياتي، 2008: 174–175) (Civil Service India; 2018)

1. **تحديد العلاقات المتسلسلة بين المهام:** باستخدام (مخطط التتابع) (النجار ومحسن، 2012: 344).
2. **حساب وقت الدورة الإنتاجية:** وتحسب كالآتي: (Nguyen et al; 2016: 437)

وقت الدورة الإنتاجية (Ct) = وقت الإنتاج اليومي ÷ الوحدات المطلوبة (1)

3. **توزيع الأنشطة على محطات العمل:** ويجب أن لا يتجاوز الوقت المخصص لكل محطة وقت الدورة الإنتاجية .
4. **حساب العدد النظري لمحطات العمل:** وتحتسب كالآتي: (المعموري، 2018: 121)

عدد محطات العمل (Ws) = وقت المهام (القياسي St) ÷ وقت الدورة الإنتاجية (Ct) (2)

5. **حساب كفاءة الخط الإنتاجي:** وتحسب كالآتي: (Adnan et al; 2016: 7753)

الكفاءة(E) = [وقت المهام (الوقت القياسي) ÷ وقت الدورة الإنتاجية (Ct) × عدد محطات العمل(Ws)] × 100 (3)

6. **حساب الوقت العاطل:** ويحسب كآلاتي: (Jameel; 2015: 1363)

الوقت العاطل(Id) = وقت الدورة الإنتاجية (Ct) × عدد محطات العمل (Ws) - وقت المهام (الوقت القياسي) (4)

ثالثاً: أهمية موازنة الخط الإنتاجي وأهدافها

وتكمن في الاستجابة السريعة لأي خلل ثابت أو متحرك ناتج عن التغير في معدلات الإنتاج (Patil; 2012: 5)، فضلاً عن تأثيره المباشر على كفاءة العمليات الإنتاجية وتحقيق الانسياب الكفء لحركة المواد والأفراد والمعلومات بما يضمن تخفيض تكاليف المناولة، وتحقيق أسبقيات التنافس (التميز والإبداع والكلفة المنخفضة وسرعة التسليم)، أما أهداف موازنة خط الإنتاج فهي: (Sindhuja; 2018: 1) (Jameel; 2015: 1360) (Taylor & Russell; 2000: 281)

1. تحقيق أعلى نسبة استغلال للمساحات المتاحة، وتخفيض نقاط الاختناق في محطات العمل .
2. تقليل نسب التأخير والوقت الضائع لتحقيق أعلى معدل إنتاج، ومن ثم زيادة كفاءة الخط الإنتاجي .
3. إزالة الحركات الزائدة وتسهيل عملية دخول عناصر العملية الإنتاجية وخروجها .
4. تسهيل عملية الإشراف والمتابعة، والاهتمام بجودة المنتجات وإجراءات الأمن والسلامة .
5. تجميع المرافق والعاملين بنمط فعال من أجل الحصول على توازن أفضل لتدفق الإنتاج في عمليات التجميع .
6. تجميع المهام ليكون الوقت الإجمالي لها يساوي أو أقل من الوقت المتاح في كل محطة عمل لتقليل الوقت العاطل .

رابعاً: الطرائق (البدائل) الاجتهادية لموازنة خط الإنتاج

يوجد ثلاثة مناهج لموازنة الخطوط الإنتاجية تتمثل بطرائق: الأمثلية Optimal والتقريبية Approximate والاجتهادية والتي يطلق عليها أحياناً الطرائق البناءة Constructive Methods (موضوع بحثنا) لأنها لا تقدم حلاً أمثلاً وإنما قريباً منه (Al-zubaidy & Abd Alrazaq; 2013: 1302) أو (خوارزميات كومسوال COMSOAL Algorithms أي Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines) إشارةً إلى استخدام الحاسوب في تطبيقها، فضلاً عن إجرائها يدوياً لبساطة تنفيذها (النجار وماجود، 2013: 39)، وتتمثل هذه الطرائق بالخطوة الثالثة من خطوات موازنة الخط الإنتاجي لتوزيع النشاطات على محطات العمل بطرائق معينة، وتُعرف بأنها "استخدام الإجراءات والقواعد لحل مشاكل الترتيب من خلال الحل الرياضي الأمثل"، وتتمثل الطرائق الاجتهادية في الآتي: (Groover; 2008) (Heizer & Render; 2001: 358) (النجار ومحسن، 2012: 347)

1. **طريقة أطول وقت للنشاط:** يتم إعداد قائمة بالأنشطة وأوقات إنجازها مرتبة تنازلياً من الوقت الأطول إلى الأقصر ثم توزع النشاطات ابتداءً من المحطة الأولى حتى الوصول للنشاط الأخير، مع عدم تجاوز التتابع بين الأنشطة.
2. **طريقة أقصر وقت للنشاط:** يتم إعداد قائمة بالأنشطة وأوقات إنجازها مرتبة تنازلياً من الوقت الأقصر إلى الأطول، ثم توزع النشاطات ابتداءً من المحطة الأولى حتى الوصول للنشاط الأخير، مع عدم تجاوز التتابع بين الأنشطة .

3. **طريقة أكبر عدد من النشاطات التتابعية:** ويتم إعداد قائمة بالنشاطات ابتداءً بالنشاطات المتبوعة بأكبر عدد من النشاطات نزولاً إلى النشاطات المتبوعة بأقل عدد من النشاطات ثم توزع النشاطات مع عدم تجاوز التتابع فيما بينها.
4. **طريقة أقل عدد من النشاطات التتابعية:** ويتم إعداد قائمة بالنشاطات ابتداءً بالنشاطات المتبوعة بأقل عدد من النشاطات نزولاً إلى النشاطات المتبوعة بأكبر عدد من النشاطات ثم توزع النشاطات مع عدم تجاوز التتابع فيما بينها
5. **طريقة الوزن الموقعي المرجح:** ويتم ترتيب النشاطات على أساس مجموع وقت النشاط وأوقات النشاطات التابعة له، وتوزع النشاطات ابتداءً من النشاط الذي يحصل على أكبر مجموع من الأوقات نزولاً إلى النشاط الذي حصل على أقل مجموع من الأوقات، ويشترط عدم تجاوز التتابع بين الأنشطة .

المبحث الثالث الجانب العملي

أولاً: وصف واقع الخط الإنتاجي في معمل إنتاج المجمدات

ينتج معمل المجمدات في شركة الصناعات الخفيفة أنواعاً مختلفة وبعمليات إنتاج متشابه إلى حدٍ كبير فيما بينها، ولهذا سنعدها نظاماً موحداً، إذ يتكون المعمل من 14 محطة عمل، وتجري عملية تحضير أجزاء المجمدة واستلام مكوناتها وتجميعها بشكل نهائي بواقع 52 عملية وبوقت قياسي يبلغ 96.5 دقيقة، وبمعدل إنتاج 36 مجمدة يومياً في 7 ساعات يومياً، أي (60 ثا × 60 دقـ × 7سا = 25200 ثانية في اليوم). وتنجز الأنشطة يدوياً وبالأحزمة الناقلة. وكما يأتي:

1. **وصف العمليات الحالية ومراحل إنتاج المجمدة:** وتتم أنشطة إنتاج المجمدة كما في الجدول الآتي:

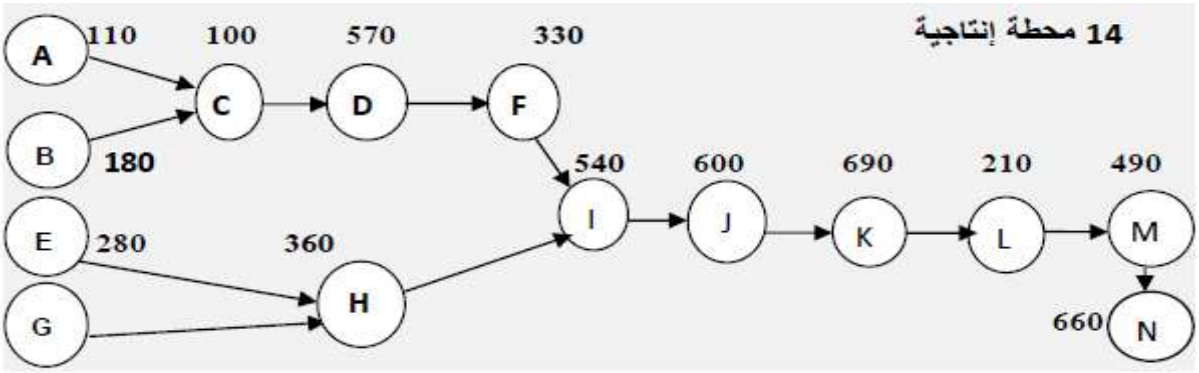
جدول (1): وصف عمليات إنتاج المجمدة بحسب مسارها التشغيلي وأوقات الإنجاز فيها

ت	عملية (نشاط)	وصف العملية (الأنشطة)	وقت الانجاز (ثانية)	الوقت القياسي	محطة العمل	رمز العملية	العملية السابقة
1	عملية سمكرة الباب الخارجي للمجمدة	استلام الواح الهيكل الصلب	20	110	1	A	-
2		تقطيع الألواح ضمن المواصفات المطلوبة	30				
3		تثقيب الباب وطوي حواف الألواح	30				
4		تعقيف (تطعيج) الباب ومكان مسكة الباب	30				
5	عملية سمكرة هيكل المجمدة الخارجي	استلام الواح الهيكل الصلب	20	180	2	B	-
6		تقطيع الألواح حسب القياسات المطلوبة	30				
7		تثقيب الألواح وطوي حواف الألواح	30				
8		عمل فتحة في الهيكل لتهوية الكمبريسر	40				
9		تشكيل الهيكل النهائي ليجهز للصبغ	60				
10	عملية تنظيف الباب والهيكل	غسل الباب والهيكل في احواض خاصة	50	100	3	C	A,B
11		طلاء الباب والهيكل بمواد مضادة للتأكسد	50				
12	عملية صباغة الباب والهيكل	نقل الهيكل والباب على احزمة ناقلة	60	570	4	D	C
13		رش الصبغ (البودرة) على الهيكل والباب	120				
14		ادخال الهيكل والباب في افران حرارية	180				
15		انتظار تثبيت الصبغ على الهياكل	210				
16	عملية سمكرة الظهر واسفل وكعب الفريزر للمجمدة	استلام الواح الهيكل الصلب	20	280	5	E	-
17		تقطيع الألواح حسب القياسات	30				
18		تقطيع أسفل وبطن المجمدة	115				
19		تقطيع كعب الفريزر حسب القياسات	115				
20	عملية تجميع الباب	تحضير مسكة الباب	50	330	6	F	D
21		تثبيت البطن البلاستيكي	140				
22		تثبيت أطار (داير) الباب	140				
23	عملية تجميع اجزاء الفريز	استلام الواح الهيكل الصلب	20	680	7	G	-
24		تقطيع الألواح حسب القياسات	30				
25		لف انبوب المنيوم خاص لغاز الفريز	120				
26		لحيم المبادل الحراري بأنبوب الغاز	120				
27		فحص اللحام بالهواء المضغوط والماء	150				
28		ترتيب المبادل على فريز المجمدة	240				
29	عملية تجميع الهيكل مع الفريز والاجزاء الاخرى	تركيب الظهر واسفل المجمدة	90	360	8	H	E,G
30		تثبيت الفريز داخل الهيكل	120				
31		تركيب كعب الفريز	90				
32		شد الارجل للمجمدة	60				
33	عملية حقن الباب والهيكل	نقل واستلام الهيكل لتجهيزه للحقن	90	540	9	I	H,G
34		حقن الهيكل بمادة الفوم العازلة	240				
35		حقن الباب بمادة الفوم العازلة	210				
36	عملية تركيب الباب والهيكل	تثبيت قاعدة الماطور (كمبريسر)	120	600	10	J	I
37		ربط الباب بالهيكل	130				
38		تثبيت الكهربائيات	350				

39	تركيب الماطور (الكمبريسر)	إزالة السدادات المطاطية	30	690	11	K	J
40		لحام انبوب الشحن	90				
41		تثبيت كهربائيات الماطور	120				
42		ربط اسلاك الفاصل الكهربائي (اوتوماتيك)	190				
43		تثبت الأوتوماتيك والريلي	260				
44	عملية التفريغ والشحن	تفريغ الهواء من الانابيب	90	210	12	L	K
45		شحن الغاز في الانابيب	120				
46	عملية الفحص النهائي	فحص نهائي بواسطة الرغوة	90	490	13	M	L
47		ربط المجمدة بمصد التيار الكهربائي	30				
48		انتظار التشغيل لمعرفة كفاءة التجميد	370				
49	عملية التغليف والخزن	تغليف المجمدة بمادة الفلين	120	660	14	N	M
50		تغليف المجمدة بالورق المقوى (كارتون)	240				
51		ربط المجمدة باحكام لمنعها من الحركة	120				
52		وضع اغلفة الضمان وارسالها للخزن	160				
مجموع	14 عملية	52 نشاط	5800 ثانية		14 محطة عمل		

المصدر: إعداد الباحثون اعتماداً على بيانات صنع المجمدة .

2. **تسلسل العمليات والمهام (الأنشطة):** إذ يمكن تمثيل مسار صنع المجمدة في المخطط الشبكي الآتي:



شكل (2): المخطط الشبكي للمسار التتابعي لإنتاج المجمدات بأنواعها
المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على وصف المسار التشغيلي لعمليات إنتاج المجمدة .

3. **وقت الدورة الإنتاجية Cycle time:** وبحسب المعادلة (1): 25200 ثانية PT ÷ 36 مجمدة D = CT 700
4. **محطات العمل Workstation الحالية** = 14 محطة عمل Ws حالية . وبحسب المعادلة رقم (2):
5. **كفاءة الخط الإنتاجي Efficiency:** وتحسب كما في المعادلة رقم (3):
الكفاءة (E) = [JC 5800 ÷ 700 (Ct) × 14 (Ws)] × 100 = 59 %
6. **الوقت العاطل ID:** ويحسب كما في المعادلة رقم (4):

الوقت العاطل (ID) = 700 (Ct) × 14 (Ws) - JC 5800 = 4000 ثانية ، أي 66.5 دقيقة تقريباً وبنسبة 41 %

ثانياً: الموازنة البديلة للخط الإنتاجي لمعمل المجمدات وفق الطرائق الاجتهادية
لموازنة الخط الإنتاجي بالطرائق الاجتهادية ومقارنته بالوضع الحالي والتي تظهر في الجدول الآتي:

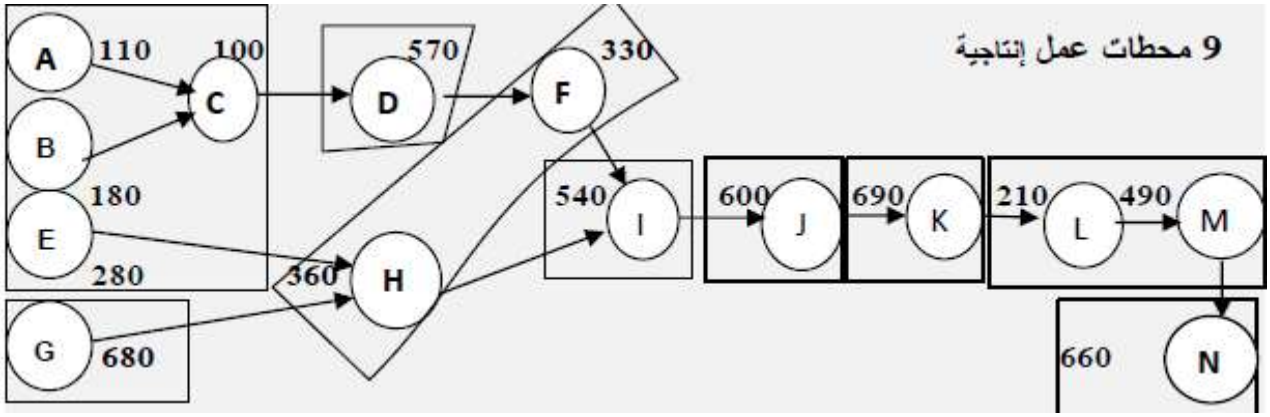
جدول (2): ترتيب النشاطات وفق الطرائق الاجتهادية الخمسة *

طريقة أطول وقت للنشاط			طريقة أقصر وقت للنشاط			طريقة أكبر عدد من نشاطات التابع			طريقة أقل عدد من نشاطات التابع			طريقة الوزن الموقعي المرجح		
رمز النشاط	وقت الانجاز	تسلسل النشاط	رمز النشاط	وقت الانجاز	تسلسل النشاط	رمز النشاط	وقت الانجاز	نشاطات تابعة	رمز النشاط	وقت الانجاز	نشاطات تابعة	رمز النشاط	وقت الانجاز	مجموع الاوقات
K	690	11	C	100	3	A	110	9	N	660	0	B	180	4370
G	680	7	A	110	1	B	180	9	M	490	1	A	110	4300
N	660	14	B	180	2	C	100	8	L	210	2	G	680	4230
J	600	10	L	210	12	E	280	7	K	690	3	C	100	4190
D	570	4	E	280	5	G	680	7	J	600	4	D	570	4090
I	540	9	F	330	6	D	570	7	I	540	5	E	280	3830

3790	350	H	6	330	F	6	350	H	8	360	H	13	490	M
3460	330	F	6	350	H	6	330	F	13	490	M	8	360	H
2920	540	I	7	570	D	5	540	I	9	540	I	6	330	F
2320	600	J	7	680	G	4	600	J	4	570	D	5	280	E
1360	690	K	7	280	E	3	690	K	10	600	J	12	210	L
1150	210	L	8	100	C	2	210	L	14	660	N	2	180	B
660	490	M	9	180	B	1	490	M	7	680	G	1	110	A
0	660	N	9	110	A	0	660	N	11	690	K	3	100	C

المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على نتائج التحليل .
(*) في حالة تساوي نشاطين أو أكثر بالمقياس يتم الاختيار عشوائياً .

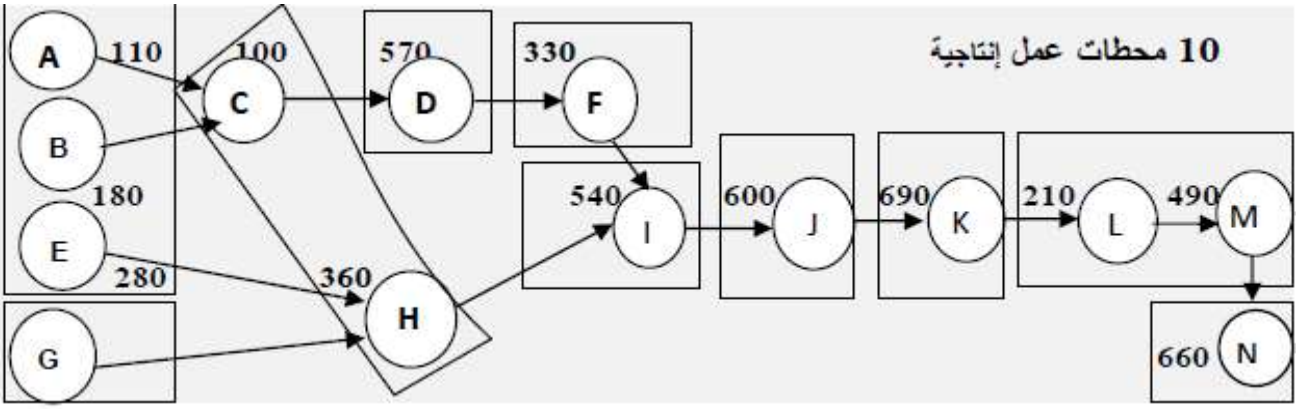
1. **طريقة أطول وقت للنشاط:** في هذه الطريقة تُجمع النشاطات وأوقات انجازها وترتب تنازلياً من الأطول إلى الأقصر، كما في (الجدول، 2) وتوزع النشاطات على محطات العمل ابتداءً من النشاط الأول في المحطة الأولى حتى النشاط الأخير، ويظهر أن عدد المحطات وفق هذه الطريقة هو 9 محطات عمل فقط، كما في الشكل الآتي:



شكل (3): المسار التتابعي ومحطات عمل إنتاج المجمدة وفق طريقة أطول إلى أقصر نشاط

أ. وقت الدورة الإنتاجية Cycle time = CT 700
ب. محطات العمل Workstation المطلوبة: 9 محطات عمل Ws
ت. كفاءة الخط الإنتاجي = [JC 5800 ÷ (Ct) 700 × (Ws) 9] × 100 = % 92
ث. الوقت العاطل ID = (Ct) 700 × (Ws) 9 - JC 5800 = 500 ثانية ، 8.5 دقيقة تقريباً، وبنسبة 8 %

2. **طريقة أقصر وقت للنشاط:** في هذه الطريقة تجمع النشاطات وأوقات انجازها وترتب تصاعدياً من الأقصر إلى الأطول، كما في (الجدول، 2)، ويتم توزيع النشاطات على محطات العمل ابتداءً من النشاط الأول في المحطة الأولى حتى النشاط الأخير، إذ إن عدد المحطات في هذه الطريقة هو 10 محطات عمل فقط، كما في الشكل الآتي:

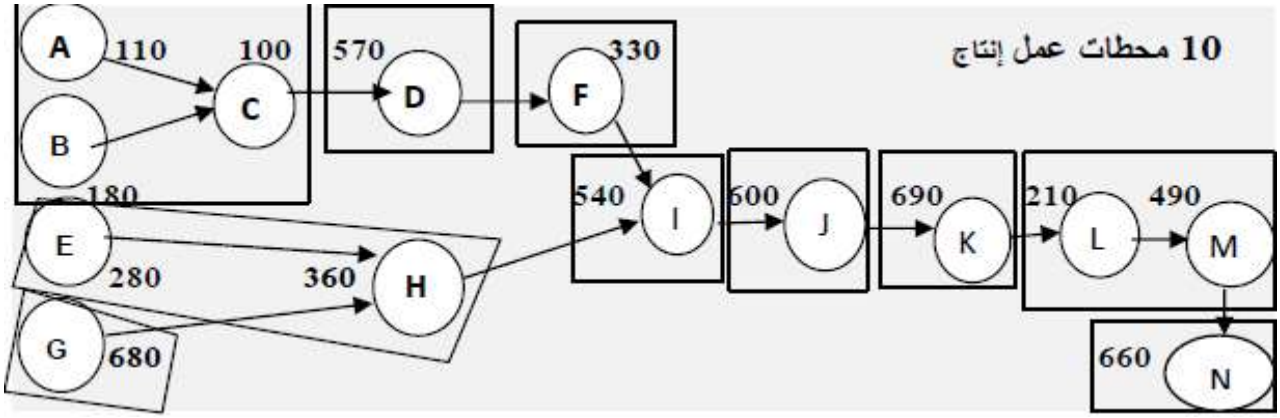


شكل (4): المسار التتابعي ومحطات عمل إنتاج المجمدة وفق طريقة أقصر إلى أطول نشاط

أ. وقت الدورة الإنتاجية Cycle time = CT 700
ب. محطات العمل Workstation المطلوبة: 10 محطات عمل Ws

ت. كفاءة الخط الإنتاجي = [JC 5800 ÷ 700 (Ct) × 10 (Ws)] × 100 = 83 %
ث. الوقت العاطل ID = 700 (Ct) × 10 (Ws) - JC 5800 = 1200 ثانية ، 20 دقيقة تقريباً، وبنسبة 17 %

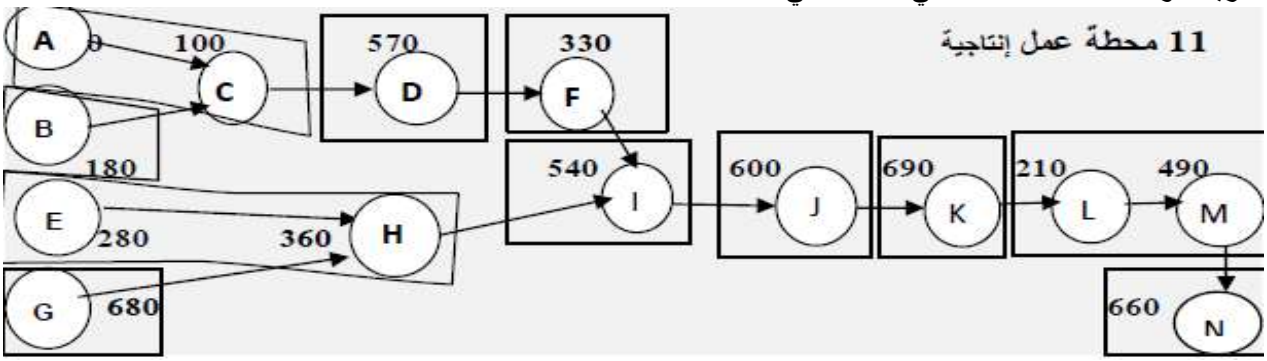
3. طريقة أكبر عدد من النشاطات التتابعية: بموجب هذه الطريقة ترتب النشاطات المتبوعة بأكبر عدد من النشاطات نزولاً إلى النشاطات المتبوعة بأقل عدد من النشاطات، كما في (الجدول، 2)، ثم يتم توزيع النشاطات من جديد، وأن عدد المحطات في هذه الطريقة هو 10 محطات عمل، كما في الشكل الآتي:



شكل (5): المسار التتابعي ومحطات إنتاج المجمدة وفق طريقة أكبر النشاطات التتابعية

أ. وقت الدورة الإنتاجية Cycle time = 700 CT
ب. محطات العمل Workstation المطلوبة: 10 محطات عمل Ws
ت. كفاءة الخط الإنتاجي = [JC 5800 ÷ 700 (Ct) × 10 (Ws)] × 100 = 83 %
ث. الوقت العاطل ID = 700 (Ct) × 10 (Ws) - JC 5800 = 1200 ثانية، أي 20 دقيقة تقريباً، وبنسبة 17 %

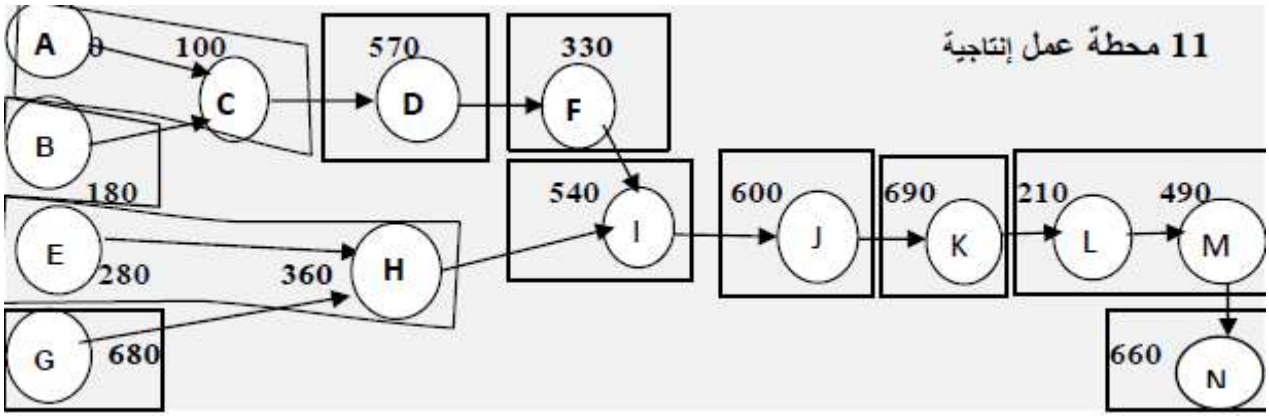
4. طريقة أقل عدد من النشاطات التتابعية: ويتم بموجب هذه الطريقة ترتيب النشاطات المتبوعة بأقل عدد من النشاطات وصعوداً الى النشاطات المتبوعة بأكبر عدد من النشاطات، كما في (الجدول، 2)، ثم يتم توزيع النشاطات إذ إن عدد المحطات في هذه الطريقة هو 11 محطة عمل، كما في الشكل الآتي:



شكل (6): المسار التتابعي ومحطات عمل إنتاج المجمدة وفق طريقة أقل عدد من النشاطات التتابعية

أ. وقت الدورة الإنتاجية Cycle time = 700 CT
ب. محطات العمل Workstation المطلوبة : 11 محطة عمل Ws
ت. كفاءة الخط الإنتاجي = [JC 5800 ÷ 700 (Ct) × 11 (Ws)] × 100 = 75 %
ث. الوقت العاطل ID = 700 (Ct) × 11 (Ws) - JC 5800 = 1900 ثانية ، 31.5 دقيقة تقريباً، وبنسبة 25 %

5. طريقة الوزن الموقعي المرجح: وترتب النشاطات هنا على أساس أكبر مجموع لوقت النشاط والنشاطات التابعة له، كما في (الجدول، 2)، ثم توزع النشاطات ابتداءً من النشاط الذي يحصل على أكبر مجموع من الأوقات نزولاً إلى النشاط الذي حصل على أقل مجموع من الأوقات، وإن عدد المحطات في هذه الطريقة هو 10 محطات، كما في الشكل الآتي:



شكل (7): المسار التتابعي ومحطات عمل إنتاج المجمدة وفق طريقة الوزن الموقعي المرجح

أ. وقت الدورة الإنتاجية Cycle time = CT 700
ب. محطات العمل Workstation المطلوبة: 10 محطات عمل Ws
ت. كفاءة الخط الإنتاجي = [JC 5800 ÷ (Ct) 700 × (Ws) 10] × 100 = 83 %
ث. الوقت العاطل ID = (Ct) 700 × (Ws) 10 - JC 5800 = 1200 ثانية ، 20 دقيقة تقريباً، وبنسبة 17 %

ثالثاً: نتائج تحليل البحث: تتلخص نتائج تحليل البحث في (الجدول، 3) وكالآتي:

1. إن الوقت العاطل في الترتيب الحالي بلغ 66.6 دقيقة، الأمر الذي خفض كفاءة النظام الإنتاجي إلى 59% .
2. تساوي عدد المحطات في طريقة أقصر وقت للنشاط وطريقة أكبر عدد من النشاطات التابعة وطريقة الوزن الموقعي المرجح، بواقع 10 محطات وهي جميعها أقل من محطات العمل الحالية للمعمل .
3. إن الفرق بين كفاءة الترتيب الحالي وكفاءة أقل طريقة اجتهادية بلغ 16% وأفضل طريقة اجتهادية بلغ 33% .
4. بلغت الدورة الإنتاجية 700 ثانية، وهي أكبر من وقت أي محطة في الخط الإنتاجي لمعمل المجمدات .
5. تباينت نسب كفاءة الخط الإنتاجي في كل طريقة بحسب عدد المحطات الإنتاجية فيها، إلا في طريقة أقصر وقت للنشاط وطريقة أكبر عدد من نشاطات التابع وطريقة الوزن الموقعي المرجح فأنها أعطت نفس النتيجة .

جدول (3): مقارنة الوضع الحالي مع الطرائق الاجتهادية لموازنة خط إنتاج معمل المجمدات

الترتيب الحالي		طريقة أطول وقت للنشاط		طريقة أقصر وقت للنشاط		طريقة أكبر عدد من نشاطات التابع		طريقة أقل عدد من نشاطات التابع		طريقة الوزن الموقعي المرجح	
عدد المحطات	14	عدد المحطات	9	عدد المحطات	10	عدد المحطات	10	عدد المحطات	11	عدد المحطات	10
كفاءة خط الإنتاج	%59	كفاءة خط الإنتاج	%92	كفاءة خط الإنتاج	%83	كفاءة خط الإنتاج	%83	كفاءة خط الإنتاج	%75	كفاءة خط الإنتاج	%83
نسبة وقت عاطل	%41	نسبة وقت عاطل	%8	نسبة وقت عاطل	%17	نسبة وقت عاطل	%17	نسبة وقت عاطل	%25	نسبة وقت عاطل	%17
الوقت العاطل	4000	الوقت العاطل	500	الوقت العاطل	1200	الوقت العاطل	1200	الوقت العاطل	1900	الوقت العاطل	1200

المبحث الرابع: الاستنتاجات والتوصيات

أولاً: الاستنتاجات Conclusions

1. إن موازنة الخط الإنتاجي يقع ضمن ترتيب المنتج الذي يندرج تحت قرار الترتيب الداخلي لإدارة الإنتاج والعمليات.
2. إن الوقت العاطل الذي يصل إلى ساعة وستة دقائق يضيع على الشركة فرصة إنتاج 4 مجمدات في اليوم الواحد.
3. أفضلية موازنة خط الإنتاج لجميع البدائل في الطرائق الاجتهادية عن الترتيب الحالي لموازنة خط إنتاج المجمدات.
4. أفضلية طريقة الوقت الأطول للنشاط عن باقي الطرائق الاجتهادية لأنها حققت أعلى كفاءة وأقل وقت عاطل.
5. قد تتساوي بعض طرائق موازنة خطوط الإنتاج في النتائج، ولكن لا يعني بالضرورة أنها متساوية من حيث الأهمية وآلية العمل، إذ النتائج تعتمد على نوع الخط الإنتاجي وعملياته وأنشطته وأوقات انجازها.

ثانياً: التوصيات Recommendation

1. اعتماد نتائج البحث في المعمل لتحقيق أعلى كفاءة من عناصر الإنتاج ومن ثم الأداء العالي للمعمل والشركة معاً.
2. إمكانيه إعمام نتائج البحث على معمل المجمدات بأنواعها في شركة الصناعات الخفيفة، إذ أن موازنة الخط الإنتاجي لنوع واحد من المجمدات يمتد أثره لجميع أنواع المجمدات في المعمل لأنها تعمل بنفس الآلية.
3. إعادة موازنة خط إنتاج المجمدات باعتماد طريقة أطول نشاط، لأنها الأفضل في تقليل الأوقات العاطلة، فضلاً عن زيادة كفاءة معمل المجمدات وإنتاجيته، ومن ثم سينعكس على أداء الشركة بالمجمل.
4. عند إعادة موازنة الخط الإنتاجي ومحطات العمل يؤخذ في الحسبان عدم تتجاوز مسار تسلسل النشاطات والعمليات وزمن الدورة الإنتاجية لإنتاج المجمدة، وبما يخدم رفع كفاءة نظام التشغيل.
5. إجراء المزيد من موازنة خط الإنتاج بطرائق أخرى، ولا سيما في المعمل المبحوث والمقارنة مع الطرائق الاجتهادية.

المصادر References

[1] البياتي، فائز غازي. وجواد، كاظم أحمد (2010). " الترتيب الداخلي – دراسة تطبيقية في شركة الصناعات الخفيفة ". مجلة الإدارة والاقتصاد، العدد 85 .

[2] داود، فضيلة سلمان (2009). " موازنة خطوط الإنتاج والتجميع باستخدام طريقتي Largest rule & Moodi-Young ". مجلة دراسات إدارية، جامعة البصرة، المجلد 1، العدد 1.

[3] العامري، صالح مهدي. وداود، فضيلة سلمان (2009). "اختبار أساليب خطوط الإنتاج دراسة تطبيقية في شركة الصناعات الخفيفة، معمل الثلاجات". مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم، العدد 24.

[4] اللامي، غسان قاسم داود. والبياتي، أميرة شكر ولي (2008). "إدارة الإنتاج والعمليات: مرتكزات معرفية وكمية". دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان، الأردن .

[5] المعموري، إيثار عبد الهادي. (2018). " إدارة الإنتاج والعمليات ". ط 2 . مكتب الجزيرة للطباعة والنشر، بغداد، العراق .

[6] الموسوي، بتول عطية (2004). " تصميم نظام خبير لتوازن خطوط الإنتاج ". رسالة ماجستير، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد.

[7] النجار، صباح مجيد. وماجود، هالة حمد. (2013). " موازنة خط التجميع المتعدد باستخدام خوارزميتي الأوزان الموقعية المرجحة وكومسوال: دراسة حالة لخط الخياطة في معمل (7) الشركة العامة للصناعات الجلدية / بغداد". مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية، جامعة بغداد، المجلد 19 . العدد 70 .

[8] النجار، صباح مجيد. ومحسن، عبد الكريم (2012). " إدارة الإنتاج والعمليات ". الطبعة الرابعة، مكتبة الذاكرة، بغداد .

[9] يوسفات، علي (2015). " أهمية الترتيب الداخلي في المؤسسات الصغيرة ". مجلة الباحث، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة ادرار. الجزائر عدد 15 .

[10] Al-zubaidy, Sawsan S. & Abd Alrazaq, Fatin F. (2013). "Multi-model Production and Assembly Line Balancing (Caravans Production Workshop)", Journal of Babylon University-Engineering Sciences, No.(4). Vol. 21 .

[11] Amen, Matthias. (2000). " Heuristic methods for cost-oriented assembly line balancing: A survey ". International Journal of Production Economics, Vol. 68, No. 1.

[12] Civil Service India. (2018). "Line Balancing: Production and Operations Management", available at: **https://www.civilserviceindia.com/** .

[13] Groover, M. P. (2008), Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing, Lehigh University, Prentice-Hall. Inc.

[14] Heizer, Jay and Render, Barry. (2001), Operations Management, 6th ed. Upper Sadale River. New Jersey.

[15] Heizer, Jay and Render, Barry. (2004), Operations Management, 7th ed. Upper Sadale River. New Jersey.

[16] Jameel, B. Ibraheem. (2015), "The Effectiveness of Line Balancing on Production Flow Efficiency: An Experimental Study", Eng. & Tech. Journal, Vol.33, Part (A), No.6.

[17] Krajewski , Lee J. and Ritzman, Larry. (2005), Operations Management - Strategy and Analysis, 7th ed. New York.

[18] Nguyen T. Lam. Le Minh Toi. Vu Thi T. Tuyen. & Do N. Hien. (2016), "Lean line balancing for an electronics assembly line", 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing.

[19] Patil, Rajkumar P. (2012), "Production Line Balancing Production Manager Om Pharmaceuticals Ltd, Article published in Internet. Available at:

https://learnaboutgmp.com/good-manufacturing-practices-cgmp/production-line-balancing/

[20] Reid, R Dan. and Sanders, R. Nada. (2002). Operations Management, 4th ed., John Wiley and sons, Inc.

[21] Russell, Robert S. and Taylor, Bernard W. (2000), Operations Management, 3th ed., Prentice Hill Inc., New Jersey.

[22] Sindhuja, S. (2018), "Line Balancing Industries: Meaning and Methods". Article published in Business Management Ideas.

[23] Slack N. Chambers S. Harland C. Harrison A. and Johnston R. (2004). "Operations Management". 4th ed. London Pitman Publishing Co.

[24] Waller, Derek L. (2004). "Operations Management: A supply Chain approach". 2nd Ed., Cengage Learning EMEA