موازنة خطوط التجميع والإنتاج

باستخدام طريقتي Moodei-young & Largest Rule

دراسة تطبيقية في شركة الصناعات الكهربائية ـ معمل المحركات

فضيلة سلمان داود (*)

المستخلص

يهدف البحث الى تطبيق طريقتي من طرائق موازنة خطوط الانتاج والتجميع في شركة الصناعات الكهربائية/ الوزيرية، لما للموازنة في خطوط الانتاج من دور بالغ الاهمية في رفع كفاءة الانتاج والتقليل من وقت التأخير والعطل، لذا فقبل كل شيء يجب الاهتمام بالترتيب الداخلي Layout الذي يعتبر من الامور المهمة في حقل إدارة العمليات والإنتاج لما له من دور فاعل في تحسين مستوى الإنتاج كماً ونوعاً.... حيث يساعد الترتيب الجيد على توزيع المهام بشكل جيد، ويأتي بمردود اقتصادي للشركة او المصنع، ويساعد على توزيع عناصر العمل (المهام) على محطات العمل المخصصة على خط الإنتاج، بما يتيح إتمام العملية الإنتاجية بأقل وقت وجهد، وأعلى كفاءة وبأقل وقت عاطل.

وسيتم تطبيق طريقة قاعدة المرشح الاكبر وطريقة مودي ينغ لموازنة خط التجميع المنفرد في معمل المحركات التابع لشركة الصناعات الكهربائية، واختيار الطريقة الأفضل في موازنة خط الإنتاج عن طريق توزيع عناصر العمل على المحطات ومن ثم قياس اداء كل طريقة باعتماد مجموعة من المعايير الأساسية المعتمدة في تقييم اداء خطوط الانتاج.

المقدمة

يعد موضوع موازنة خطوط الانتاج والتجميع من المواضيع المهمة في ادارة الانتاج والعمليات، لما له من اهمية بالغة في رفع كفاءة وفاعلية الخط الانتاجي كماً ونوعاً، حيث يسمح بتوزيع عناصر العمل او المهام على محطات العمل الموجودة في الخط

(*) مدرس إدارة الأعمال المساعد/ قسم الإدارة/ كلية الإدارة والاقتصاد/ جامعة بغداد.

الانتاجي، وبما يتيح اتمام العملية الانتاجية بأعلى كفاءة وفاعلية وبأقل وقت عاطل في المحطات المخصصة على خط الانتاج.

وتتحدد مشكلة الموازنة في شركة الصناعات الكهربائية في افتقار الشركة الى الطرائق العلمية الخاصة بموازنة خط الانتاج، حيث ان الخطوط الموجودة حالياً والخاص با لمحركات مثبت منذ تاريخ تأسيسه من قبل شركة روسية قامت بإنشاء في عام 1989، ولم يستخدم أي من الطرق المعروفة في حقل إدارة العمليات والإنتاج،وتنحصر أهمية البحث في التعرف على طرائق موازنة خطوط الانتاج، لما لها من مردود اقتصادي للشركة في تقليل الهدر والضياع في الوقت والمواد،ويمكن ان يسهم في تطوير خبرات المدراء والمهندسين في عينة الدراسة عن طريق المعلومات الجديدة التي توفرها عمليات تطبيق الاساليب العلمية في العمل . يهدف البحث الى تطبيق طريقتي قاعدة المرشح الاكبر وطريقة مودي ينغ لموازنة خط التجميع المنفرد في معمل المحركات التابع لشركة الصناعات الكهربائية، واختيار الطريقة الأفضل في موازنة خط الإنتاج من طريق توزيع عناصر العمل على المحطات ومن ثم قياس اداء كل طريقة باعتماد مجموعة من المعايير الأساسية المعتمدة في تقييم اداء خطوط الانتاج. اما فرضية البحث ((هل هناك تباين في مستويات الاداء تبعاً للطريقة المستخدمة في الخط الانتاجي)).

ركز البحث في المبحث الثاني مفهوم واهمية موازنة خطوط الانتاج والتجميع، وانواع الخطوط، وكذلك الطرائق الشائعة في ادبيات ادارة الانتاج والعمليات، ومنها الطريقتين المستخدمة في البحث((طريقة مودي –ينغ وطريقة قاعدة المرشح الاكبر)) ومعايير القياس لكل طريقة لاختيار الطريقة الافضل.وقد تناول المبحث الثالث الجانب العملي وستخدم فيه اوقات عناصر العمل الخاصة بـــ((محرك مبردة الهواء)) المنتج من قبل شركة الصناعات الكهربائية –الوزيرية.

واوضحت النتائج تفوق طريقة مودي ينغ Moodie- young بـــ(6) معايير من اصل (8) معايير وهذه المعايير((كفاءة الخط – نسبة التأخير– الوقت العاطل – نسبة العطل–مؤشر الانسيابية– نسبة الفاعلية))على طريقة قاعدة المرشح الأكبر، عند اعتماد زمن الدورة فعلي، والمعايير(كفاءة الخط،نسبة التأخير) كانت متساوية في كلتا الطريقتين، وقد تفوقت طريقLargest Rule في المعايير((معدل الإنتاج،متوسط وقت الخدمة)).

المبحث الأول:- منهجية البحث والدراسات السابقة

1- منهجية البحث

1-1 مشكلة البحث

توجد العديد من طرائق موازنة خطوط الإنتاج والتجميع تعطي حلول افضل من الطريقة المتبعة في الشركة قيد البحث.... لذا تتحدد مشكلة البحث في الضعف في مواجهة الطلب الحاصل على منتوج محرك "مبردة الهواء"بسب افتقار المعمل الى تطبيق الاساليب والطرائق العلمية في موازنة خطوطها الإنتاجية، حيث ان المعمل كما هو منذ بداية تأسيسه من قبل شركة روسية،ولم تستخدم أي من الطرائق المعروفة في حقل إدارة الإنتاج والعمليات.

2-1 أهمية البحث

التعرف إلى طرائق موازنة خطوط الإنتاج والتجميع، لما لها من مردود اقتصادي للمعمل وللشركة، لأنها تساعد على تقليل الوقت العاطل ونسبة التأخير وكذلك يساعد على تقليل كلفة الوحدة الواحدة وزيادة معدل الإنتاج، ويمكن ان يسهم في تطوير خبرات المدراء والمهندسين والعاملين في عينة البحث عن طريق المعلومات الجديدة والمطورة التي توفرها عمليات تطبيق الأساليب العلمية في العمل.

3-1 اهداف البحث

يهدف البحث الى التعرف على افضلية طريقتي مودي-ينغ وقاعدة المرشح لموازنة خطوط التجميع والانتاج، لذا يمكن عن طريق هذا البحث التعرف الى اجراءات تطبيق طريقة مودي-ينغ Moodie-Young وقاعدة المرشح الاكبر Largest Candidate Rule لخط انتاج محرك مبردة الهواء، ومن ثم اختيار الطريقة الافضل لموازنة الخط، عن طريق ترتيب عناصر العمل على المحطات ومن ثم قياس اداء كل طريقة عن طريق المعايير التي ستطبق في كل طريقة وهي (8) معايير ((كفاءة خط الانتاج- نسبة التأخير- الوقت العاطل-نسبة الوقت العاطل-نسبة الفاعلية- انسيابية الخط-معدل الانتاج- متوسط وقت الخدمة)) وهي من اشهر المعايير في ادبيات ادارة الانتاج والعمليات.

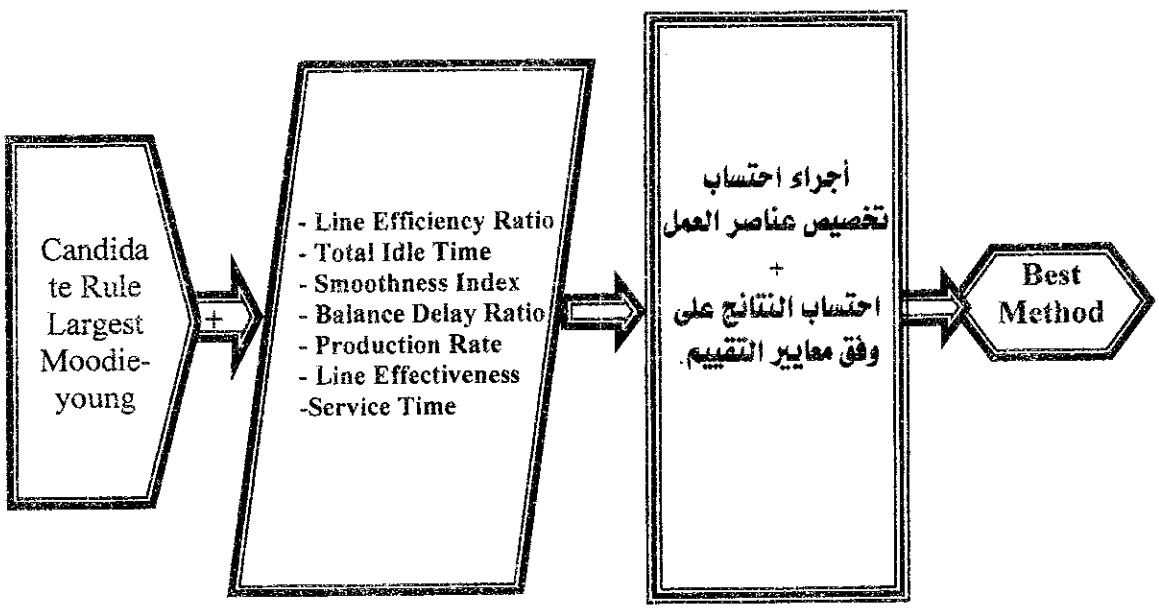
4-1 فرضية البحث

تتحدد فرضية البحث من منطلق ((هل هناك تباين في مستويات الأداء تبعاً للطريقة المستخدمة في الخط الإنتاج)).

5-1 أنموذج البحث

يتكون انموذج من مدخلات البحث ((طريقة مودي – يغ /طريقة قاعدة المرشح الاكبر))، اما عناصر العمليات فهي عمليات الاحتساب، ومن ثم اختيار الطريقة الافضل عن طريق تحليل النتائج التي توصل اليها البحث، والشكل الاتي يوضح انموذج البحث.

مخطط رقم (1) يوضح أنموذج البحث



2- الدراسات السابقة

1-دراسة بيتس ومحمود(1989)، الموسومة "طريقة لموازنة خط التجميع "هدفت الطريقة الى تطبيق احد عشر مسألة للباحثين في حقل الانتاج وتم تطبيق طريقة الحد والفرع للحصول على افضل النتائج،وتم جعل الوقت العاطل متساوي في جميع المحطات.

2-دراسة بيتس ومحمود (1989) الموسومة " التعريف بالحلول المتعددة لموازنة الخط الانتاجي والذي يمتلك اوقات محتملة للمهام"هدفت الدراسة الى تطبيق طريقة الحد والفرع على اساس اوقات احتمالية لعناصر العمل الموجودة على الخط ومقارنتها مع الاساليب والطرائق المعروضة في ادبيات حقل ادارة الانتاج والعمليات، حيث وجد ان طريقة الحد والفرع تعطي حلول مثالية وايضاً تساعد مصمم الخط في اختيار الحل الذي يعطي اكثر مرونة وافضل النتائج.

3-العاني،(1995)،" تخصيص الاعمال وتتابع المحطات في خط الانتاج"تم تطبيق في هذه الدراسة معيار نسبة المرونة التي تحققها الطريقة المتبعة في تخصيص الاعمال على المحطات، ويهدف البحث الى توضيح اسلوب قياس درجة المرونة وكيفية اختيار التتابع الافضل من بين الحلول.

4-دراسة الخفاجي(1997) الموسومة" تطبيقات موازنة خطوط التجميع ذات النموذج المفرد" تطرقت الدراسة الى تطبيق احدى طرائق الموازنة المطورة عن طريق الحد والفرع(Branch and Bound)على خط تجميع مبردة الهواء المنتجة من قبل شركة الهلال الصناعية، وتبين انه عند اعتماد الوقت النظري لدورة العمل يمكن زيادة كفاءة خط التجميع بنسبة43% عن كفاءة قبل الموازنة، اما عند اعتماد الوقت الفعلي لدورة العمل فأن كفاءة الخط ازدادت بنسبة 34% عن كفاءته قبل الموازنة ويتم ذلك باعادة موازنة الخط وتقليص العدد الفعلي لمحطات التجميع الى خمس محطات عمل وبذلك ستمكن الشركة من زيادة انتاجها بمقدار46 وحدة عن انتاجها الفعلي المتحقق خلال وجبةالعمل الوحدة، وبذلك سوف تحقق الشركة ايرادات اضافية من جراء الزيادة في طاقة الخط الانتاجي وارتفاع مستوى كفاءة الخط الانتاجي وتقليل الوقت العاطل.

5-داود،(1999) "اختبار اساليب موازنة خطوط الانتاج"هدفت الدراسة الى تطبيق سبع طرائق وعشرة معايير، لاختيار الطريقة الافضل من بين الطرق المستخدمة في الدراسة، واوضحت نتيجة الدراسة ان طريقة Moodei-youngهي افضل الطرق وتأتي بالمرتبة الاولى، ثم طريقة كومسوال، في معايير(كفاءة الخط،الوقت العاطل،نسبة الفاعلية،نسبة التأخير، مؤشر الانسيابية)، ثم الطرائق الاخرى.

6-دراسة شركة LG Electronics Inc. 2003 الموسومة"مرونة توازن خط التجميع التتابعي للمنتوج لتوازن خطوط التجميع" تناولت الدراسة الوسائل ذات الاهمية في زيادة الطاقة الانتاجية في خط التجميع التتابعي، عن طريق تخصيص عناصر العمل على المحطات الموجودة في الخط بصورة اسهل واسرع.لذا تم تطبيق اسلوب كومسوال في توزيع عناصر العمل على المحطات، حيث وفرت هذه الطريقة العديد من الحلول لتوازن الخط التجميعي بوقت اقل واسهل.

7-الموسوي (2004)" تصميم نظام خبير لتوازن خطوط الانتاج" / دراسة حالة هدفت الدراسة الى استخدام احدى تقنيات الذكاء الاصطناعي وهي تقنية الانظمة الخبيرة، حيث تم استخدام النظام لتوزيع الفعاليات على المحطات وفق طريقة كومسوال،وبعد ذلك يتم توزيع الفعاليات على وفق طرق اجتهادية (اكبر وقت للمهام،اقل وقت للمهام،اكبر وزن موضعي يتبع اكبر عدد من المهام، يتبع اقل عدد من المهام) ويتم اختيار الترتيب الذي يحقق اعلى كفاءة واقل وقت عاطل.

8-السعد، وداود،(2005)" استخدام طريقة الحد والفرع والاحتمالية/دراسة مقارنة" هدفت الدراسة الى استخدام طريقة الحد والفرع والاحتمالية، وتباينت الطرائق تبعاً للمعايير المستخدمة في الطريقة، واعطت طريقة الحد والفرع افضل النتائج،(لعدد المحطات،وكفاءة الخط، والوقت العاطل)

المبحث الثاني:- الجانب النظري

1.2 مفهوم موازنة خطوط التجميع ((الإطار النظري))

هناك العديد من التعريفات لموازنة خطوط التجميع منها (اختيار وتوزيع المهام او عناصر العمل المناسبة وتخصيصها على المحطات(Stations) طبقاً لما يفرضه التعاقب التكنولوجي، بحيث تتساوى جميع المحطات (تقريباً) بنفس الوقت المخصص لكل محطة، ويكون الوقت العاطل اقل ما يمكن وتكون كفاءة الخط أعلى ما يمكن) (داود، 1999، ص19).

وتحدد مسألة الموازنة في كيفية توزيع عناصر محتوى العمل الكلي لانتاج منتج معين في محطات تشغيلية بصورة تلبي قيود الأسبقية او التتابع او ما يعرف بالعلاقات الأسبقية (Precedence Relationships) التي يجب ان تأخذ بنظر الاعتبار، لارتباطها المباشر في تصميم المنتج وبشكل تتوازن فيه المحطات بما ينسجم مع معدل الإنتاج (Jonson,1981,277). لذا من الضروري معرفة العوامل آلاتية التي تعد أساس لموازنة خط التجميع وهي:

1- أوقات إنجاز عناصر العمل

2- علاقات الأسبقية

3- معدل الإنتاج المرغوب فيه،او زمن الدورة C.T

2-2 تصنيف خطوط التجميع

تصنف خطوط التجميع والإنتاج إلى ثلاث أنواع أساسية هما:

1- **يدوية Manuel:** وهي استخدام مهارات العنصر البشري في العمل وتوجد العديد من هذه الشركات التي تعتمد على العمالة منها شركات الغزل والنسيج – التحف والانتيكات والزخارف على الاواني – معامل الفخار – الرسوم....الخ.

2- **نصف مبرمجة (NC):** وهذه الخطوط تستخدم المكائن والالات التي يديرها العنصر البشري، لكن بعمالة اقل من السابق

3- **المؤتمتة (CNC):** وهي خطوط مؤتمته ذاتياً ذات تقنية عالية، ما على العامل سوى الضغط على المفتاح لغرض تشغيلها ومتابعتها.

ان نوع خط الانتاج والتجميع يختلف حسب طبيعة المنتج او المنتجات التي تجمع فيها واهم هذه الخطوط .

1. خطوط التجميع المنفرد او ذات النموذج المنفرد:Single Method Line يهتم هذا النوع من الخطوط انتاج نوع واحد من المنتجات يكون الطلب علية مستمراً.
2. خطوط التجميع المتعددة Multiple Model Lines : ينتج منتجين او اكبر من المنتجات المتشابهه، ويتم تهيئة للدفعة الاولى ثم تعاد التهيئة لانتاج النوذج الآخر(Krajewski :1993:908) .
3. خطوط التجميع ذي النماذج المختلطة Mixed –Model Lines يتميز بانتاج نماذج مختلفة حسب طلب الزبون، ويعاب عليه في التباين المرتفع في محتويات العمل، الذي ينتج عنه عدم توازن الخط، وزيادة الوقت العاطل في المحطات، وارتفاع حجم العمل تحت التشغيل (WIild:1972: p.50)، (الخفاجي:1997: ص2).

2-3 طرائق موازنة خطوط الإنتاج

هناك طرائق تعطي حلول تقريبية كطريقة (الأوزان الموقعية، قاعدة المرشح الاكبر، الاحتمالية، كومسوال، مودي ينغ، اكبر وقت قياسي، كلبرج ووستر، التحديث الاني للملائمة الاول، التدرج والتخصص) (داود: 1999: ص44)، وهناك طرق تعطي حلول مثالية او محددة مثل طرائق البرمجة الخطية، والبرمجة الدينامية، الحد والفرع، والطريقة المطورة عن طريقة الحد والفرع (الخفاجي: 1997:ص3). الخوارزميات الجينية.

2-4 تحديد المدخلات

تنحصر مسألة موازنة خطوط التجميع في تحديد المدخلات الرئيسية للدراسة وهي (عدد العناصر، واوقاتها القياسية، وقيود الاسبقية لها، ضمن طريقة قاعدة المرشح الاكبر وطريقة Moodei –young التي تتطلب مرحلتين وهي، (Elsayed:1994:358):-

1- وضع المهام في قائمة على اساس اكبر وقت الى اقل وقت لعناصر وتوزيع هذه العناصر او المهام علىمحطات العمل المتعاقبة على خط التجميع على أساس قاعدة المرشح الأكبر (Candidate Rule) حسب اكبر وقت للعنصر (على ان لا يتجاوز قيود الأسبقية) وحسب ما توفره مصفوفة Pومصفوفة F والتي تشير الأولى الى الاتصال المباشر الأسبق للعنصر اما المصفوفة F فتشير الى التتابع الذي يتبع العنصر.

2- يتم تحديد الوقت العاطل Idle Time في كل محطة عمل فاذا كان هناك زيادة في الوقت العاطل في محطة،ووقت اقل من زمن الدورة في محطة اخرى،فيمكن توزيع الوقت العاطل بصورة متساوية على كل محطات العمل من خلال الية التبادل وتحويلات.، مع التزام بقيود او محددات الأسبقية، وفيما يلي خطوات المرحلة الثانية:

- نقوم بتحديد الفرق بين اكبر واقل وقت للمحطة من موازنة المرحلة الأولى.

$$Goal = \frac{St.\ max - St.\ min}{2}$$

- تسمية نصف الفرق ما بين هاتين القيمتين بأسم (Goal)
- نقوم بتحديد كل العناصر المفردة او المهام المفردة في المحطة التي تحمل اكبر قيمة (Stmax) والتي هي اقل من ضعف قيمة Goal وانها لا تنتهك محددات الأسبقية اذا تم تحويلها الى المحـــــطة التي تحـــــمل اقل قيمة (Stmin).
- بعد ذلك يتم تحديد كل المبادلات او التحولات من المحطة ذات القيمة الاكبر (St max) لمفردة الى المحطة ذات القيمة الاقل (Stmin) بحيث ان التقليل في (Stmax) والزيادة (Stmin) سيكون اقل من $2 \times Goal$.
- تنفيذ المبادلات والتحويل وفقاً للقاعدة المرشحة مع اصغر فرق بينها وبين Goal
- اذا لم يكن هناك تحويل بين اكبر واصغر وقت محطة تجري التبادل بين المحطات المرتبة بالترتيب الاتي N-1.....1,2,3, واذا لم يكن هناك تبادل يجري اسقاط القيود التي يفرضها Goal، ونحاول من خلال الخطوات الاربعة الاولى للحصول على التبادل والتحويل،بحيث لا يؤدي الى زيادة قيمة أي محطة على زمن الدورة الاصلي بحيث لا تنتهك قيود الاسبقية، وهكذا يمكن الحصول على الحل الافضل.

اما طريقة قاعدة المرشح الاكبر The Largest – Candidate فهي من الطرق التي تتميز بالسهولة وسرعة الفهم وتعتمد على حجم قيمة العناصر، حيث تم وضع العنصر ذي القيمة الأكبر في بداية القائمة ومن ثم التدرج (نزولاً) الى حد العنصر ذي اقل قيمة لـــTe، و(الذي يمثل الوقت اللازم لانجاز عنصر العمل)، ويجري وفق هذه الطريقة يتم تخصيص العناصر على المحطات، بأختيار العناصر التي تكون مقبولة من حيث الترتيب التنازلي لحجم قيمتها ووضعها بالمحطة التي يكون زمن الدورة لها محدد مسبقاً، وان هذه

العناصر يجب ان لا تنتهك قيود الأسبقية او زمن الدورة وخطوات هذه الطريقة هي كالأتي:-

1- وضع الانشطة او عناصر العمل بشكل تنازلي من اكبر وقت الى اقل وقت في قائمة.

2- تحديد الانشطة الملائمه(ويقصد بالملائمة النشاط الذي يلبي متطلبات الاسبقية ولا ينتهك الوقت المحدد للمحطة حسب زمن الدورة)، وتخصيصها الى المحطةالاولى وهكذا لبقية المحطات الموجودة في الخط الانتاجي.

3- الأستمرار بتخصيص الانشطة الموجودة في القائمة كما في الخطوة الثانية.

5.2 المعايير المستخدمة في البحث

تم الاعتماد على (8) معايير من المعايير المنشورة في أدبيات إدارة الإنتاج والعمليات وهذه المعايير ((كفاءة الخط-نسبة التأخير-الوقت العاطل-نسبة الوقت العاطل-نسبة الفاعلية- انسيابية الخط- متوسط وقت الخدمة- معدل الإنتاج)).

1-Line Efficiency Ratio	كفاءة الخط (EF%)
2-Balance Delay Ratio	نسبة التأخير (D%)
3- Total Idle Time	الوقت العاطل (IDT)
4- Smoothness Index	انسيابية الخط (SI)
5- Production Rate	معدل الانتاج (PR)
6- Idle Time Ratio	نسبة الوقت العاطل (ID%)
7- Line Effectiveness Ratio	نسبة الفاعلية (LEF)
8- Service Time	وقت الخدمة للمحطة (S T)

6.2 مصطلحات البحث

خط التجميع Assembly Line: مجموعة من محطات العمل مسؤولة عن تجميع المنتوج محدد وفق اسبقية محددة مسبقاً بحيث تكون مخرجات كل محطة مدخلات للمحطة التالية مباشرة، وتنتقل عناصر العمل او اجزاء المنتوج اما يدوياً او بالاحزمة الناقلة او انسيابياً بفعل الجاذبية الارضية (محسن، النجار: 2004:ص304) .

زمن الدورة((C . T)): هو الوقت القياسي المحدد لكل محطة، وان يكون هذا الوقت متساوي بكل المحطات، وممن الممكن ان نجدة من خلال اكبر وقت للمحطات الموجودة في الخط او عن طريق مجموع الوقت المتاح خلال للانتاج اليومي مقسوماً على عدد الوحدات المنتجة في اليوم للخط. ومن الممكن ان نجدة عن طريق المعادلة الاتية:

$$\text{زمن الدورة C.T} = \frac{\text{الوقت المتاح للانتاج}}{\text{معدل الانتاج اليومي}}$$

عدد المحطات(N):هو العدد التي يجب ان تنجز علية المهام لغرض اتمام عملية تجميع عناصر العمل على المحطات واخراج المنتج بشكله النهائي. ويمكن استخراج عدد المحطات النظرية والفعلية من خلال المعادلة الآتية:

حيث ان: N عدد محطات العمل

$\sum Te$ الوقت الكلي لانجاز عناصر العمل

C.T زمن الدورة

نسبة الكفاءة **Line Efficiency (EF)**: وهي النسبة المئوية لاجمالي وقت انجاز وحدة من المنتج الى زمن الدورة مضروباً في عدد المحطات. وكالآتي:-

$$EF = \frac{\sum Te}{N \times C.T}$$

نسبة التأخير **Balance Delay (D)**: هو النسبة المئوية لمقدار الوقت العاطل على الخط، بسبب عدم اتمام العمل المجزء بين المحطات(Bock:1963:160) وهذا يحدث عندما يكون هناك خلل، او عدم المعرفة بتوزيع عناصر العمل والذي يدعى احياناً بخسارة الموازنة، وكالاتي:-

$$D = \frac{N \times C.T - \sum Te}{N \times C.T} \quad \text{Or} \quad D = 1 - LE$$

نسبة العطل: هو الوقت العاطل لكل المحطات المستخدمة على مجموع زمن الدورات وكالآتي:-

$$Id = \frac{\sum Ids}{N \times C.T} \times 100$$

نسبة الفاعلية : **Line Effectiveness** وهو قسمة وقت الانتاج المستخدم (Te) على مجموع زمن الدورات أي N*C.T مضروباً *100 (عبيدات ،1997:ص307)

معدل الانتاج: Production Rate يمكن حساب معدل الانتاج من خلال زمن الدورة، حيث هناك علاقة رياضية بين معدل الانتاج الخط وزمن الدورة على خط الانتاج، وبما ان الهدف هو انسجام معدل الانتاج مع خطة الانتاج، لذا فيمكن ان ينفذ معدل الانتاج بتغير زمن الدورة. ويمكن استخراج معدل الانتاج من المعادلة الاتية:-

$$RP = \frac{1}{C.T} \times 60$$

الحصول على معدل انتاج بالساعة للمحطة، اما معدل الانتاج الخط فسيكون بأوطأ معدل في المحطات وهي المحطة الحاكمة.

الوقت العاطل : يحدث العطل بسبب عدم تساوي وقت المحطة الفعلي مع زمن الدورة (Dilworth:1993:194)

$$Idt = nc.t - \sum Te$$

$$Id = C.T - ST$$

حيث إن: Id = الوقت العاطل، N = عدد المحطات، ST = وقت المحطة الفعلي، C.T = زمن الدورة

مؤشر الانسيابية: Smoothness Index (SI) هو مقياس يعبر عن مدى تدفق وانسيابية المواد على خط الانتاج، وعندما يكون مؤشر الانسيابية مساوياً (الصفر) فعندها يكون هناك موازنة تامة ويمكن قياسه بالمعادلة الآتية:-

$$SI = \sqrt{\sum St\max - Ste)^2}$$

نسبة المرونة(F.R): Flexibility Ratio عبارة عن عدد العناصر المستقلة في مصفوفه الاسبقية على عدد العناصر الكلية في مصفوفة الاسبقية والذي يعتمد على المخطط الشبكي للمحطات،حيث يرمز للرمز (0) الى عدم وجود علاقة مباشرة بالمحطة اللاحقة ،و(1) يشير الى وجود علاقة مباشرة (العاني، 1995، ص 65).

جدول رقم (3) ترتيب العناصر حسب طريقة Moodie-Young

Ws	E	Ti	Slack	
1	1	3	0	
2	3			
	6	3	0	
3	2			
	4			
	5	2.83	0.17	
		2.58	0.42	
	بعد التعديل			
4	5			يتم نقل العنصر (5) من محطة 3 الى محطة 4
	8			
	9	2.33	0.67	
		2.58	0.42	
5	7			
	10	3	0	
6	11			
	14			
	16	2.58	0.42	
7	12			
	15	2.73	0.27	
8	13	2.7	0.3	
9	17			
	18			
	19			
	20			
	21			
	22			
	23	2.89	0.11	
10	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	17	2.5	0.5	Goal = 2.89 -2.5/ 2
	بعد التعديل	2.83	0.17	0.2 يتم نقل 17من محطة 9 إلى محطة 10

جدول رقم (4) طريقة Moodei-Young

المحطات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	المجموع
الوقت المستخدم	3	3	2.6	2.58	3	2.58	2.73	2.7	2.89	2.83	27.89
زمن الدورة	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
الوقت العاطل	0	0	0.4	0.42	0	0.42	0.27	0.3	0.11	0.17	2.11

جدول رقم(5) يوضح تخصيص عناصر العمل طبقاً لطريقة قاعدة المرشح الأكبر

E	Te	WS	E	Te	SLACK
1	3	1	1	3	0
2	2				
3	2.5	2	2		
13	2.7		4	2.58	0.42
12	2.4				
10	2.17	3	5		
9	2		3		
11	1.2			2.75	0.25
25	1.17				
7	0.83	4	6		
14	0.8		7		
4	0.58		8		
16	0.58		11	2.86	0.14
19	0.58				
6	0.5	5	9		
18	0.5		14	2.86	0.14
23	0.5				
22	0.4	6	12	2.4	0.6
24	0.4				
28	0.4	7	13	2.7	0.3
8	0.33				
15	0.33	8	10		
17	0.33		16	2.75	0.25
20	0.33				
27	0.33	9	15		
5	0.25		17		
21	0.25		18		
26	0.2		19		
			20		
			21		
			22	2.72	0.28
		10	23		
			24		
			25		
			26		
			27		
			28	3	0

جدول رقم(6) توزيع عناصر العمل على عشر محطات حسب قاعدة المرشح الأكبر

المحطات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	المجموع
الوقت المستخدم	3	2.58	2.75	2.86	2.8	2.4	2.7	2.75	2.72	3	27.56
زمن الدورة	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
الوقت العاطل	-	0.42	0.25	0.14	0.2	0.6	0.3	0.25	0.28	-	2.44

جدول رقم (7) يوضح تخصيص عناصر العمل على (9) محطات حسب طريقة قاعدة المرشح الأكبر

E	T	Ws	E	ST	Slack
1	3	1	1	3	0
13	2.7	2	2		
3	2.5		4	2.58	0.32
12	2.4				
10	2.17	3	5		
2	2		3	2.75	0.25
9	2				
11	1.2	4	6		
25	1.17		7		
7	0.83		8		
14	0.8		11	2.86	0.14
4	0.58	5	12	2.6	0.4
16	0.58	6	9		
19	0.58		14	2.8	0.2
6	0.5				
18	0.5	7	13	2.7	0.3
23	0.5				
22	0.4	8	10		
24	0.4		16	2.75	0.25
28	0.4				
8	0.33	9	15		
15	0.33		17		
17	0.33		18		
20	0.33		19		
27	0.33		20		
5	0.25		21		
21	0.25		22	2.72	0.28
26	0.2	10	23		
			24		
			25		
			26		
			27		
			28		
			27	3	0

جدول رقم (8) يوضح تخصيص عناصر العمل على (9) محطات حسب قاعدة المرشح الأكبر

المحطات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	المجموع
الوقت المستخدم	3	2.58	2.75	2.86	2.6	2.8	2.7	2.75	2.72	3	23.16
زمن الدورة	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
الوقت العاطل	0	0.32	0.25	0.14	0.4	0.2	0.3	0.25	0.28	0	3.84

جدول رقم(9) يوضح تخصيص عناصر العمل على (13) محطة حسب واقع الحال في الشركة

المحطات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	المجموع
الوقت المستخدم	3	2	2.5	2.49	2	2.17	1.2	2.4	2.7	2.54	2.46	1.37	0.73	26.73
زمن الدورة	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	39
الوقت العاطل	0	1	0.5	0.51	1	0.83	1.8	0.6	0.3	0.46	0.54	1.63	2.27	12.27

جدول رقم (10) يوضح تخصيص عناصر العمل على (13) محطة حسب واقع حال الشركة

Ws	E		Ti	Slack
1	1		3	0
2	2		2	1
3	3		2.5	0.5
4	4	7		
	5	8	2.49	0.51
	6			
5	9		2	1
6	10		2.17	0.83
7	11		1.2	1.8
8	12		2.4	0.6
9	13		2.7	0.3
10	14	15		
	17	16		
	18		2.54	0.46
11	19	20		
	22	21		
	23	24	2.46	0.54
12	25	26	1.37	1.63
13	27	28	0.73	2.27

جدول رقم (11) يوضح أفضلية الطريقة حسب المعايير المستخدمة

RP	ST	LEFF%	SI	ID%	ID	D%	LE%	N	المعايير / الطرق
163	2.789	92,96%	1.452	0.07	2.11	0.07	93%	10	مودي- ينغ
175	2.756	91.87%	1.562	8.13%	2.44	9.00%	91.00%	10	قاعدة المرشح
576	2.05	68.50%	3.6	31.46%	13.27	30%	70%	13	واقع الحال
163	2.5	86%	1.959	14.22%	3.84	0.18	81.60%	10	قاعدة المرشح الأكبر

جدول رقم (12) يوضح ترتيب عناصر العمل على المحطات حسب طريقة Moodie –Young

Ws	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	1	3,6	2,4	5,8,9	7,10	11,14,16	15,12	13	18,19,20	24,25,26
									21,22,23	27,28,17

جدول رقم (13) يوضح ترتيب عناصر العمل على المحطات حسب طريقة Largest Candidate Rule

Ws	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	1	2,4	3,5	6,7,8,11	12	9,14	13	10,16	15,17,18	23,24,25
									19,20,21	26,27,28

جدول رقم (14) يوضح ترتيب عناصر العمل على المحطات (13) حسب الواقع الحالي

Ws	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
E	1	2	3	4, 5, 6, 7, 8	9	10	11	12	13	14,17,18	19,20	25,26	27,28

يرتئي الباحث بأن تختار الشركة طريقة مودي- ينغ لانها الافضل وفق المعايير والمقاييس التي طبقت في هذا البحث وتجدها مناسبة لها، من حيث قواعد وأسس هذه الطريقة، وكذلك من خلال اولويتها في المعايير.

اما اعتماد زمن دورة نظري فأن عدد المحطات سيقل الى(9) لكن كفاءة الخط ستنخفض ويزداد الوقت العاطل، وتختلف النتائج عند في كل المعايير المستخدمة،الا في معيار متوسط سرعة خدمة المحطة الذي وصل الى(2.5) دقيقة. وكذلك عند اعتماد (13) محطة عمل فعلية سنلاحظ التوصل الى كفاءة اقل ووقت عطل اكثر، اضافة الى بقية المعايير، لكن معدل الإنتاج في هذه المحطات (575.5) وحدة في اليوم وهو أعلى من (9) او (10) محطات.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

1. افتقار معمل محرك مبردة الهواء الى موازنة في محطات العمل المخصصة على الخط الانتاجي، لذا كان عمل الخط الانتاجي وفق ما ورد في التصميم منذ عام 1989.
2. واجهه المعمل صعوبات كثيرة وخاصة في خطوط التاج وتجميع محرك المبردة ،وحاولت الشركة أجراء تغيرات بسيطة على الخط الإنتاجي في طريقة التحوير لجعل الخط يعمل (أي استبدال معدات بدل المعدات الأصلية، وخاصة في مكائن اللف، الطرد المركزي،القطع) لغرض الإيفاء بكمية الإنتاج ،، ولم تراجع أو تقوم بعملية تعديل على مسار خطها الإنتاجي .
3. عدم تطبيق الاساليب العلمية في توزيع الانشطة او عناصر العمل على المحطات مما ادى الى زيادة زمن الدورة في المحطة الاولى وهو اكبر وقت مقارنه بباقي الاوقات.
4. لا يوجد مدخل علمي تعتمد علية الشركة لتقدير معدل انتاج المعمل من المحركات وتحديد حجم الانتاج اللازمة للوجبة وذلك بسبب افتقار الشركة الى السياسة العلمية كما اسلفنا لتقدير حجم الانتاج.

5. عند اعتماد زمن دورة نظري في ظل (9)محطات عمل سوف تختلف المعايير عما هو مرغوب به، ما عدا متوسط وقت الخدمة، الذي يساوي (2.5)دقيقة وهو اقل وقت من الطريقتين في حالة استخدام (10) محطات.
6. اوضحت نتائج البحث ان لكل من طريقتي مودنغ -ينغ وطريقة قاعدة المرشح الأكبر أفضلية بمعايير معينة.
   - اذ أظهرت طريقة Moodie –Yuong الأفضلية في ظل المعايير(كفاءة الخط–نسبة التأخير–الوقت العاطل– انسيابية الخط–نسبة الفاعلية– نسبة العطل) أي ست معايير من اصل ثمان معايير.
   - أثبتت نتائج التحليل تعادل الطريقتين في ظل (10) محطات لمعيارين فقط (كفاءة الخط– نسبة التأخير) وكانت أفضلية طريقة قاعدة المرشح الأكبر في المعايير الآتية(متوسط وقت الخدمة –ومعدل الإنتاج).
   - تبين لنا ان هناك تباين في النتائج عما هو موجود في الواقع الحالي ،بحيث تقل نسبة كفاءة الخط الى 70% وايضاً اختلافها في بقية المعايير، ماعدا معدل الانتاج الذي يصل الى (575.5) وحدة في اليوم، عند اعتماد ابطأ محطة عمل على الخط الانتاجي.
7. تؤيد هذه الدراسة ما جاء في دراسة داود، الموسومة (اختبار اساليب موازنة خطوط الانتاج والتجميع) حول تفوق طريقة مودي– ينغ في اغلب المعايير.

التوصيات

1– دراسة المشاكل المتعلقة بالخط وتوفير الادوات الاحتياطية الاصلية اللازمة المكائن الموجودة على الخط واجراء تحديث على بعض المكائن الموجودة في الخط التجميع بدلاً من استبدال بعض المعدات ،وتدريب العاملين في الخط .

2– تطبيق الاساليب العلمية في موازنة الخطوط الانتاجية من اجل تحقيق افضل ترتيب للمهام واعلى نسبة كفاءة واقل وقت عاطل.

3- توفير المناخ الملائم للعاملين في خط محرك مبردة الهواء من خلال مكان مخصص لجلوس العامل قرب الماكنة والظروف الصحية التي ستؤدي الى تحسين اداء العامل ويتم انجاز العمل بأوقات اقل والذي سيزيد من كفاءة الخط .

4- اتباع أي من الطريقتين عندما يكون هدف الشركة تحقيق اعلى نسبة كفاءة واقل نسبة تأخير عند اعتماد (10) محطات عمل وهذه النسبة (91%)، (90%) على التوالي.

5- اعتماد طريقة Moodie -Young لانها تحقق افضلية بـــ (6) معايير من اصل (8) معايير وهذه المعايير (كفاءة الخط- نسبة التأخير-وقت العطل- انسيابية الخط-نسبة العطل-نسبة الفاعلية).

6- اذا كان هدف الشركة هو زيادة معدل الانتاج ومتوسط خدمة اقل ((175.4-2.756)) على التوالي، فيمكن اعتماد طريقة قاعدة المرشح الاكبر

7- اعادة النظر في المعدات والمكائن المستخدمة في الخط، لانها تعاني التأكل وعدم وجود المواد الاحتياطية الازمة لهذه المعدات والمكائن، وخاصة مكائن اللف، والطرد المركزي، والقطع، لان هذه سوف تؤدي الى هدر في الاموال وفي معنوية الافراد العاملين في الخط.

8- اختيار الشركة أي من الطرائق ، وفق المعايير التي تجدها ملائمة لإمكانياتها المالية والتي تساعدها على النهوض والتقدم نحو الامام .

9- تطبيق اكثر من طريقة لموازنة خطوطها الانتاجية والتجميعية وفق الطرائق التي تعطي حلول مثلى كـــ((طرائق البرمجة الخطية ولا خطية))،ويفضل استخدام المكائن المؤتمته ذاتياً في عملها لانها تعطي افضل المقاييس والمعايير.

المصادر

المصادر العربية

1- الخفاجي، سرورخضر حسين،1997،"تطبيقات موازنة خطوط التجميع ذات النموذج المفرد" مجلة الهندسة والتكنولوجيا ،المجلد 16،العدد10.

2- العاني،خليل ابراهيم،1995 ،"تخصيص الاعمال وتتابع المحطات في خط الانتاج" ،مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، مجلد 14،عدد8.

3- عبيدات، د.سليمان خالد،1997،"ادارة الانتاج والعمليات "،ط1،عمان.

4- داود، فضيلة سلمان،1999، "اختبار اساليب موازنة خطوط الانتاج: معمل الثلاجات" بصرة، رسالة ماجستير.

5- محسن، عبد الكريم، النجار، صباح مجيد،2004 ،"ادارة الانتاج والعمليات"، الاردن.

6- الموسوي، بتول عطية، 2004،" تصميم نظام خبير لتوازن خطوط الانتاج"، بغداد ، رسالة ماجستير.

7- السعد، مسلم علاوي، داود، فضيلة سلمان،2005،" موازنة خط الانتاج بأستخدام كل من طريقة الحد والفرع والطريقة الاحتمالية: دراسة مقارنة في شركة انتاجية عراقية" ،عمان.

المصادر الأجنبية

8- Bock, Robert H.,Holstein William K. .,1963,"Production Planning and Control.Text and Reading"1st.ed.,Charles E.Mexrill Books Inc ., Ohio.

9- Betts J.and Mahmud K.I., 1989 ,"A Methed for Assembly Line Balancing",Int.j.,Engineering Cost and Production Economics,18, pp55-64.

10- Betts J.and Mahmud K.I., ,1989,"Identifying Multiple Solutions For Assembly Line Balancing Having Stochastic Task Times", Computers Ind. Engng Vol.16,No.3,pp427-445.

11- Dilworth, J.B., 1993,"Production and Operation Management Manufacturing and Service,"5th .ed., MCGrow- Hill , Inc., New York.

12- Elsayed, Elsayed A.,& Boucher Thomas O., 1994,"Analysis and Control of Production System" ,2nd . ed., Prantice- Hall International, Inc ., New York.

13- Krajewski,Leej.and Ritzman , Larry P., 1993, "Operation Management: Stratgy and Analysis" ,3rd .ed ., Wiesley Publishing Co., Inc., Bosten.

14- LG ElectronicsInc.,2003,"Flexible Line Balancing-Introducing an Exceptional Product for Balancing Assembly Lines",North America & the United Kingdom,WWW.pretech-ie.com./fib.

15- Wild , Ray,1972 ,"Mass- Production Management"1st .ed., John Wily& Sons, New York.

16- Jonsnon, N.V. Roger,1981, "Assembly Line Balancing : A Branch and Bound Algorithm and Computational Comparisons ," Int .J.Prod. Res.19 (3)pp :277.