جامعة بغـداد

كلية الإدارة والاقتصاد

موازنة خط الانتاج باستخدام كل من الحد والفرع والطريقة الاحتمالية

Use Branch and bound and probability method of production line Balance

((دراسة تطبيقية في شركة الهلال لإنتاج مبردة الهواء))

م . فضيلة سلمان داود

جامعة بغداد/كلية الادارة والاقتصاد

Fadhiela Salman Dawood
University of Baghdad / Economic of Administration

ا . د . مسلم علاوي السعد

جامعة البصرة/كلية الادارة والاقتصاد

Dr. Mouslim A. Shiblee
University of Basrh / Economic of Administration

Abstract: The subject of production line balance and assembling is considered important in regard to layout of the plant. It has been found interesting for the researchers and academies who participate in presenting many methods and techniques to help providing heuristic solutions and the others are optimal ,in addition to applying some algorithms, artificial intelligence and expert systems in solving the question and the problems of production line balance and this research used the method of branch and bound and probability and comparing that with the reality of AL-Hilal company- the plant of air-cooler, and the research reached the conclusion that assure that (the method of branch and bound ,and the probability method presented standards for better results compared to how the current method.

المستخلص: يعد موضوع موازنة خطوط الإنتاج والتجميع من المواضيع المهمة في الترتيب الداخلي للمصنع ، وقد شغل بال الكثير من الباحثين والأكاديميين الذين ساهموا في تقديم العديد من الأساليب والطرائق التي تساعد على إعطاء حلول اجتهادية واخرى مثلى، وايضاً تطبيق بعض الخوارزميات ،والذكاء الصناعي واستخدام الانظمة الخبيرة في حل مسألة ومشاكل موازنة الخطوط الانتاجية، وقد استخدم في هذا البحث طريقتا الحد والفرع والاحتمالية ومقارنتهما مع واقع حال لشركة الهلال- معمل المبردات الهوائية،وقد توصل البحث الى نتيجة رئيسة مفادها ((ان طريقة الحد والفرع ،والطريقة الاحتمالية قد قدمت نتائج افضل لمعايير الافضلية مقارنة بالطريقة الحالية)).

المحتويات

ت	العنوان	الصفحة
١	المستخلص	١
	المقدمة	٢
٢	اولاً: موازنة خط الانتاج (الاوضاع والمشكلات والطرائق)	٣
٣	- انماط الانتاج	٣
٤	♦ عملية الانتاج بحسب المشروع	٤
	♦ عملية الانتاج المتقطع	٤
٥	♦ عملية الانتاج الواسع	٤
	♦ عملية الانتاج المستمر	٥
٦	- انواع الترتيب الداخلي	٥
	♦ بحسب المنتج	٥
٧	♦ بحسب عملية الانتاج	٥
٨	♦ بحسب الموقع الثابت	٥
	♦ الترتيب الهجين	٦
٩	- موازنة خط الانتاج	٧
	- الدراسات في موازنة خط الانتاج	٨
١٠	ثانياً: الاطار المنهجي	٨
١١	♦ مشكلة البحث	٨
	♦ اهمية البحث	٩
١٢	♦ انموذج البحث	١٠
	♦ فرضية البحث	١١
١٣	ثالثاً: الجانب التطبيقي	١٢-١٧
١٤	♦ تحليل خط الانتاج وموازنته في ضوء الواقع الفعلي للشركة	١٧-٢٠
	♦ تحليل خط الانتاج وموازنته باستخدام طريقة الحد والفرع المطورة	٢٠-٢٢
١٥	♦ تحليل خط الانتاج وموازنته باستخدام الطريقة الاحتمالية	٢٣
١٦	♦ استخراج قيم معايير المفاضلة بين الطرائق الثلاث.	٢٣
	رابعاً:مناقشة النتائج والاستنتاجات والتوصيات	٢٣
١٧	♦ مناقشة النتائج	٢٤
١٨	♦ الاستنتاجات	٢٥
	♦ التوصيات	
١٩	♦ المصادر	

المقدمة:

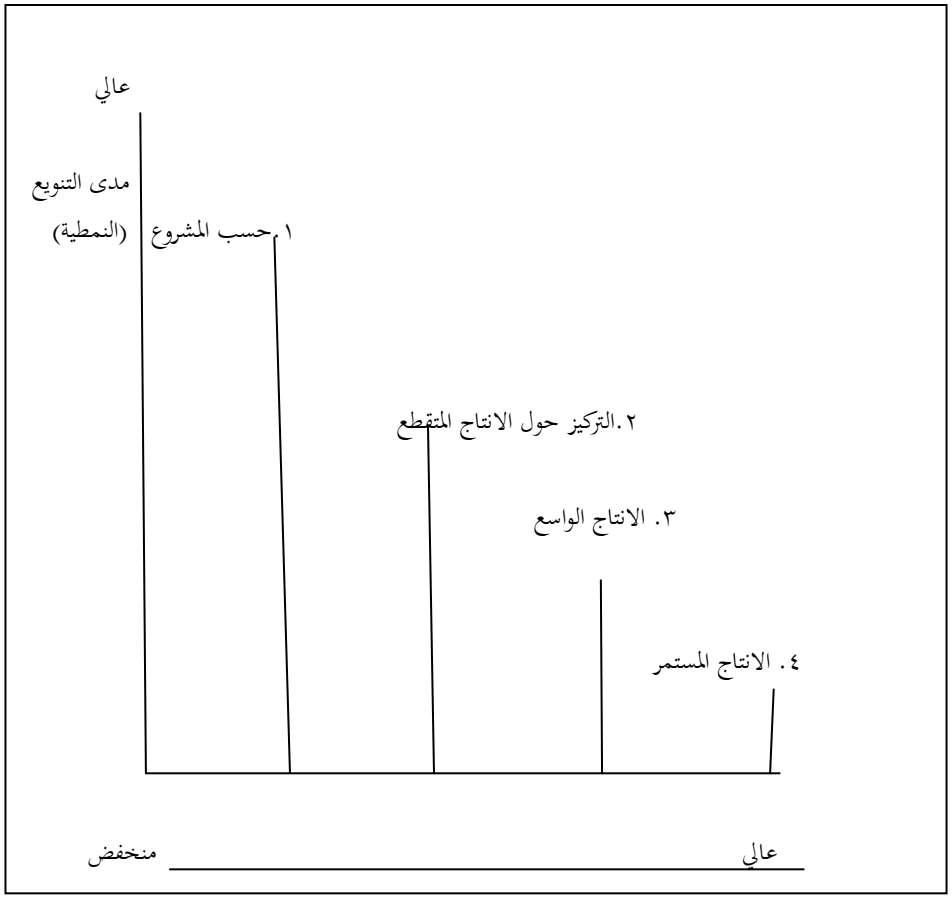
اخذت موازنة خط الانتاج الحيز الاكبر من اهتمام الباحثيين والمهتمين في حقل أدارة الإنتاج والعمليات ، ،اذ تم تقديم العديد من الطرائق والاساليب العلمية الهادفة التوازن خط الانتاج، ورفع كفاءة عملية الانتاج واظهرت طريقتي الحد والفرع والاحتمالية تميزاً مقارنة بالطرائق الاخرى للحلول المثلى التي تتصف بها نتائجها ، لذا جاء توجه البحث نحو امكانية تطبيق هاتين الطريقتين في الشركة الصناعية العراقية ،بغية التعرف على مستوى النتائج الإيجابية المتوقعة لاي منهما، واي طريقتين

تقدم نتيجة افضل، واعتمد البحث فرضية مفادها((يترتب على تطبيق كل من طريقتي الحد والفرع والاحتمالية في الشركة الصناعية العراقية اختلافاً في الافضلية التي تقدمها معايير المفاضلة بينهما)) واستخدم البحث المنهج التطبيقي باعتماد البيانات الفعلية المتوفرة من الشركة الصناعية قيد الدراسة ،بصفتها مدخلات لعمليات أي من الطريقتين ، ومن خلال المعلومات المتوافرة تم تطوير قيم معايير المفاضلة... وتناول البحث عدة فقرات، الاولى عرض اطار نظري لموازنة خط الإنتاج، والثانية تضمنت الإطار المنهجي للبحث، اما الثالثة فقد ركزت لاجراءات الجانب التطبيقي وخصصت الرابعة لمناقشة النتائج والاستنتاجات والتوصيات.

١- موازنة خط الإنتاج ((الأوضاع والمشكلات والطرائق))

أصبحت موازنة خط الإنتاج واحدة من المواضيع التي تثير اهتمام الباحثين والدارسين، لما يترتب عليها من نتائج اقتصادية وفنية، ولا تنفصل عملية الموازنة وطرائق معالجة مشكلاتها عن الطبيعة الفنية لخط الإنتاج ، والمتظمنة ابتداءً نمط عملية الإنتاج (نظام الإنتاج)، ونوع الترتيب الداخلي، لتلازم العمليتين مع بعضهما،ويتحدد نمط (شكل، عملية الإنتاج بطريقة تنظيم الموارد حول المنتج، أو عملية الإنتاج ، لان إستراتيجية التركيز الملائمة تتبع أحد طريقتي تنظيم الموارد سابقة الذكر، وتساعد في كشف (الأسلوب الذي ينتج او يصنع على وفقه المنتج تام الصنع) (زمزير ،١٩٩٣: ٩٣)، وتهدف الى تحديد نوع الطريقة التي تنتج على أساسها السلع والخدمات التي تستجيب بكفاءة الى احتياجات الزبون، وخصائص المنتج.(Render etal,1994,p.286) . يعتمد تحديد نمط عملية الانتاج بالعلاقة بين عاملي كمية الإنتاج، ومدى التنويع (النمطية) في المنتوج او الخدمة المطلوبة انتاجهما.

شكل(١) نمط عملية الانتاج (العلاقة بين الحجم والنمطية)



Source:Krajewski (et al) ,1996,p.97

موازنة خط الإنتاج باستخدام كل م

في ضوء ما عرضه شكل(١)، وما قدمته الكثير من أدبيات الإنتاج والعمليات تتحدد عملية الإنتاج بأربعة أنماط(انواع) هي:

- عملية الإنتاج بحسب المشروع... تبنى على أساس فرضية إنتاج منتج واحد في وقت واحد استجابة لطلب الزبون، يتصف بالخفض الكبير جداً في الحجم، واختلاف عالي جداً بالتنويع .....تتم عملية الإنتاج في موقع العمل،وتستخدم في بناء السفن، والجسور،وفي صنع الطائرات.
- عملية الإنتاج المتقطع .وقد تكون عملية إنتاج حسب الدفعة، أو عملية إنتاج حسب الطلبية ، وتستند جميعاً الى فرضية أجراء عمليات معالجة مختلفة لمجموعة منتجات في مراحل نظام الإنتاج، يتم الإنتاج طبقاً لطلب الزبون، وبحجوم صغيرة لمنتجات متعددة.
- عملية الإنتاج الواسع (Mass production) . تعتمد فرضية إنتاج منتجات نمطية بحجوم كبيرة، من اجل الاستجابة لحاجات السوق الناضجة والواسعة. يظهر في خطوط التجميع، او مسارات الإنتاج المتدفق، ويقصد بالتدفق الكيفية التي يتحرك على أساسها المنتج من محطة لاخرى، يتصف بالاختلاف القليل جداً بين المنتجات ،مقابل الإنتاج بحجوم كبيرة
- عملية الإنتاج المستمر ... يستند الى فرضية إنتاج كميات كبيرة من المنتجات التي يصعب التمييز بينها ، أي ذات نمطية عالية جداً ،وتجري عملية الإنتاج في جميع مراحلها على أجزاء المنتج التي يصعب فصلها، كما في عملية تكرير النفط، او معالجة المياه.

(Russell etal.,1995,pp287-289) ,(Render etal.,1994,p.288)

لا توجد أي من عمليات الإنتاج المذكورة افضل من الأخرى ، وانما تعتمد في كفاءتها على توجة استراتيجية التركيز (حول المنتج، او حول عملية الإنتاج)، وعلى مدى مناسبة نوع الترتيب الداخلي لنمط العملية ، وهذا يشير الى العلاقة الوظيفية بين نمط عملية الإنتاج ونوع الترتيب الداخلي لوسائل الإنتاج،

اذ يضع الترتيب الداخلي محددات على نمط عملية الإنتاج ويسهم كثيراً في تحديد نوعها، يهتم الترتيب الداخلي بطريقة الترتيب المادي لمراكز النشاط الاقتصادي داخل المصنع، ويقصد بمركز النشاط الاقتصادي أي شيء يستهلك (يشغل)مجال مكاني معين، ويعرف الترتيب الداخلي بأنه (عملية الحصول على افضل انسيابية للمواد والأشخاص والمعلومات)(Slack,1991,p.215) ، يهدف الترتيب الداخلي الى تسهيل حركة المواد والمعلومات، والى زيادة كفاءة استخدام العمل والمعدات، والى الخفض من درجة الخطر التي يتعرض لها العمال، فضلاً عن عملية تحسين الاتصالات، تتأثر كفاءة الترتيب بطبيعة الصناعة ، ونوع المنتج، وحجم كمية الإنتاج، وهذه بالمقابل تؤثر في اختيار نمط عملية الإنتاج،اذ يمثل الترتيب الوعاء الذي تتم من داخله وعلى فق محدداته عملية الإنتاج.

يظهر الترتيب الداخلي على شكل ثلاثة أنواع شائعة من الترتيب هي (الترتيب حسب المنتج، والترتيب حسب عملية الإنتاج،والترتيب حسب الموقع الثابت).

يعني الترتيب الداخلي حسب المنتج تخصيص المعدات والمهمات لمنتج منفرد واحد ، وتنظم المراحل على أساس متطلبات إنتاجه، وعلى وفق المراحل المتتابعة، ومزاياه تحسين كفاءة خط الإنتاج، وهدفه تسويه كمية العمل في كل محطة، ومشكلته موازنة خط الإنتاج.

اما الترتيب حسب عملية الإنتاج فهي مجموعة من المكائن المتشابهة تجمع سوية طبقاً لعملية المعالجة التي تقوم بها هذه المكائن، وتخصص هذه المكائن في قسم او مركز عمل معين. يتصف هذا النوع من الترتيب بالمرونة، يهدف الى خفض كلف

المناولة بين مراكز العمل،ومشكلته تحديد الموقع الأمثل للمكائن. ويعني الترتيب حسب الموقع الثابت جمع المعدات والعمليات في موقع واحد لأغراض إنتاج منتوج كبير يصعب تحريكه، يتصف بالكلفة المتغيرة العالية، وبالمرونة أثناء العمل .
وعلى الرغم من الاهتمام كثيراً بالترتيب الداخلي (بحسب المنتوج، وحسب العملية)، فأن أدبيات الإنتاج والعمليات تظهر نوع اخر من الترتيب يجمع بين الترتيبين ويسمى (بالترتيب الهجين او الخلوي)، ويهدف الى تجاوز نقاط الضعف الناتجة عن أي من الترتيبين.

يترتب على أي من الترتيبين الرئيسيين(بحسب المنتج، وحسب عملية الإنتاج)، مشكلات وصعوبات قد تخفض من كفاءة أي منهما، اذ تترتب على الترتيب حسب عملية الإنتاج مشكلات الارتفاع في تكاليف المناولة، والتكدس في المخزون تحت الصنع ، وتعالج من خلال تنظيم العلاقة بين محطات العمل، في حين ان مشكلة (الترتيب حسب المنتوج) تتركز حول حالة اللاتوازن بين محطات العمل (او مراكز العمل)، وقد تؤدي الى الاختناق والتكدس ، والى زيادة في الوقت الضائع لمحطات العمل. تسمى هذه المشكلة (بمشكلة موازنة خط الإنتاج (line balancing) ولأهمية هذه المشكلة وصعوبة معالجتها قدمت الكثير من الطرائق، وكانت مثار اهتمام الكثير من الباحثين والدارسين ،لذا سيتوجه البحث الى اختيار بعض الطرائق المستخدمة في حل مشكلة موازنة خط الإنتاج.

تنتج هذه المشكلة عن الترتيب بحسب المنتوج، لان الترتيب على قاعدة التنظيم المادي لمحطات العمل المبني على اساس تتابع مهمات إنتاج منتوج معين، يتأسس الترتيب على اساس مسألتين هما عدد محطات العمل المطلوب تخصيصها لانتاج المنتج، والمهمات التي ينبغي تعيينها لكل محطة، ويفترض ايضاً تقدير الوقت المطلوب لكل مهمة، واحتياجاتها من المعدات والموارد والأشخاص ، وان ترتب المهمات حسب اسبقياتها، ينشأ عن اجراءات تحديد محطات العمل، وتخصيص المهمات لاي منها، مشكلة(موازنة خط الانتاج)،(Martinich, 1997,p.372) ، وتؤدي اجراءات معالجة مشكلة موازنة عبء العمل من خلال المحطات الى زيادة كفاءة خط الانتاج ، وتتركز عملية موازنة خط الانتاج على واحدة من الصيغتين الاتيتين:-

١. يتم تحديد ادنى حد ممكن من محطات العمل التي يحتاجها الخط الانتاجي،والتي توزع عليها عناصر العمل من اجل انتاج معدلات الانتاج المطلوبة.
٢. تخصيص عناصر العمل او المهام الى محطات العمل بما يؤدي الى تعظيم معدل الانتاج المطلوب

وعلية فان موازنة خط الانتاج تعني (تخصيص محطات العمل على طول خط الانتاج بالصيغة التي تمكن من تحقيق معدل الانتاج المطلوب من خلال اقل عدد ممكن من المحطات(Krajeweski, etal .,p.424)
وعلية فأن مشكلة خط الانتاج تتحدد بزمن انتاج الوحدة الواحدة، او وقت الدورة (Cycle Time) ، وبعدد محطات العمل المخصصة للخط، وهذه تتأثر بتنظيم النشاطات بحسب اسبقياتها، وبمعدل الانتاج المطلوب، لذا ينبغي قبل اجراء موازنة خط الانتاج ،وتحديد الحالة الاكثر كفاءة ملاحظة ما يأتي:

- θ تحديد المهمات او عناصر العمل التي يحتاجها خط الانتاج من اجل انتاج منتوج معين، مع ملاحظة تقدير الوقت المطلوب لكل عنصر عمل ، وان ترتب عناصر العمل بحسب اسبقياتها الفنية.
- θ تحديد المدة الزمنية اللازمة لانتاج الوحدة الواحدة ، أي زمن الدورة(Cycle Time) ،وتحدد على اساس معدل الانتاج المطلوب.
- θ توزيع النشاطات على عددمحدد من محطات العمل، وبالصورة التي تزيد من كفاءة خط الانتاج.

θ ان لا يتجاوز اوقات عناصر العمل لكل محطة زمن الدورة ،وان لايتعارض تخصيص عناصر العمل على المحطات بالاسبقيات الفنية للنشاط.

نوضح الحقائق االمذكورة انفاً من خلال العلاقات الاتية:-

زمن الدورة (CT) = الوقت الاجمالي للانتاج / عدد الوحدات المنتجة

اقل عدد نظري من المحطات= مجموع اوقات نشاط الخط / زمن الدورة = $\frac{\sum T}{CT}$

كفاءة الخط (**LE**) = مجموع اوقات نشاطات الخط / العدد الفعلي للمحطات * زمن الدورة = $\frac{\sum T}{N\,(CT)}$

التأخير في التوازن = ١٠٠% _ النسبة المئوية لكفاءة الخط

٢ – الدراسات السابقة ومنهجية البحث

1-2 الدراسات السابقة :

اهتمت العديد من **الدراسات** في موازنة خط الإنتاج، وقدمت العديد من الطرائق لمعالجة مشكلته، اذ هدفت دراسة كل من (Betts&Mahmood,1989) الموسومة(**طريقة موازنة خط التجميع**) الى تقديم حلول مثلى للموازنة من خلال تطبيق طريقة الحد والفرع ، باستخدام مصفوفة الأسبقية (Hoffman) ، وتضمنت الطريقة العديد من الخطوات المتلاحقة واستخدمت العديد من المعايير من اجل التوصل للحلول المثلى، وخلصت الدراسة الى ان توزيع النشاطات على اقل عدد من المحطات يحقق اعلى نسبة كفاءة، واقل وقت عاطل. وقدمت دراسة (Kottas& Lau,1981) الموسومة(**الإجراءات الاحتمالية لموازنة خط الانتاج**) أسلوب جديد لتصميم خط الانتاج يعتمد أوقات احتمالية لعناصر العمل المطلوبة لانتاج منتج معين سواءً بالتصنيع او بالتجميع او بالاثنين معاً،تمت صياغة الاسلوب على اساس اجراء احتمالي لتكوين مجموعة من التصاميم المختلفة لخط الانتاج، وبعد اختيارها اتضح انها قد حققت نتائج جيدة في موازنة خط الانتاج ، وحاول(الخفاجي، ١٩٩٧) في دراسته الموسومة(**تطبيقات موازنة خط التجميع ذي الانموذج المنفرد**)تطبيق احد الصيغ المطورة لطريقة الحد والفرع، على منتجات احد الشركات الصناعية العراقية ، عملت الدراسة على اختيار علاقة الوقت النظري لدورة العمل مع الزيادة في كفاءة خط التجميع،وكانت النتيجة خفض عدد محطات العمل،وزيادة في كفاءة خط الانتاج ، وزيادة في معدل الانتاج، وحاولت(العزاوي،١٩٩٩) في دراستها الموسومه(**اختبار اساليب موازنة خطوط الانتاج**) المفاضلة بين مجموعة من طرائق موازنة خط الانتاج(طريقة الاوزان الموقفية المتدرجة، طريقة قاعدة المرشح الاكبر،

طريقة الاحتمالية، طريقة التخصص والتدرج، طريقة التحديث الاني للملائمة الاولى، كومسوال،كلبرج ووستر،الحد والفرع .....الخ من الطرق من خلال استخدام العديد من معايير المفاضلة (نسبة كفاءة الخط،نسبة التأخير، وخسارة الخط،وكلفة العطل،وكلفة الوحدة المنتجة،ومعدل الانتاج، ونسبة المرونة، ونسبة الفاعلية،والوقت العاطل، وانسيابية الخط،ومتوسط وقت الخدمة للمحطة،و عدد المحطات،وخلصت الدراسةالى ان الاختلاف في كفاءة الطرائق يتبع الاختلاف في معايير المفاضلة المستخدمة.

اتضح من العرض السابق الذكر الاهتمام الواسع والمتطور بتقديم الحلول المختلفة لمعالجة مشكلة موازنة خط الانتاج، وان الطرائق المعبرة عن هذه الحلول، قد تختلف من حيث خصائصها وظروف تطبيقها، ومن حيث الحلول التي تقدمها، فبعضها يقدم حلولاً اجتهادية، والبعض الاخر معالجات ذات طبيعة مثالية، ومع هذا فأن معظم الطرائق تتشابهه فيها اسس موازنة خط الانتاج، وتقع ضمن مدى معايير تقويم الاداء، وتوفر مجالاً واسعاً للبحث والدراسة، ولاهمية محاولات البحث والدراسة في هذا الموضوع(نظرياً وعملياً) ، والحاجة الى التعريف بالطرائق ذات الحلول المثالية والمفاضلة فيما بينها، كان التوجه نحو محاولة الاستفادة من طريقتي الحد والفرع، والاحتمالية في موازنة خط الانتاج في المنظمة الصناعية العراقية ، مع الوضع في الاعتبار ان تحليل أي من الطريقتين، ومتطلبات تطبيقها واختيارها سوف يتم تناولها في الجانب الميداني من البحث.

٢-٢ الاطار المنهجي.

تترتب على موازنة خط الانتاج نتائج اقتصادية وفنية ، ولاهمية هذه النتائج قدمت العديد من الطرائق لحل مشكلة موازنة خط الانتاج، وبلوغ افضل موازنة ممكنة، وعلى الرغم من ان بعض الطرائق ذات حلول مثالية والاخرى ذات حلول اجتهادية، الا ان الكثير منها يختلف في مستوى نتائج المفاضلة المطلوبة، فقد تكون الطريقة مفيدة في جوانب وربما اقل فائدة في جوانب اخرى مقارنة بالطرائق الاخرى ، لذا تبدو من الاهمية اختيار أي من الطرئق ولا سيما المثالية منها، لمعرفة أي منها تتضمن اكبر نسبة من معايير الاداء المطلوبة، وعلية فأن **مشكلة البحث** وتوجهات المعالجة تتركز حول امكانية اختيار الافضل من بين (طريقتي الحد والفرع و الاحتمالية) لتطبيقها في موازنة خط الانتاج في الشركة الصناعية العراقية. وتلخيصها بالتساؤل الاتي: **هل يمكن تحقيق نتائج افضل من تطبيق طريقتي الحد والفرع ، الطريقة الاحتمالية في موازنة خط الانتاج في الشركة الصناعية العراقية؟**

يهدف البحث الى تقديم إجراءات عملية لتطبيق كل من طريقتي الحد والفرع، والاحتمالية ، ومؤشرات المفاضلة فيما بينهما. **ويكتسب البحث الاهمية** من خلال الاهمية الاقتصادية والفنية المتوقعة من موازنة خط الانتاج، وحاجة الادارة الفنية للشركة العراقية السمعرفة الاساليب العلمية والتكنولوجية المتقدمة والمستخدمة في حل الكثير من مشكلات الانتاج والعمليات ،فضلاً عن اهمية تأشير الجوانب الايجابية المتوقعة من تطبيق أي من الطريقتين.

ثم **صياغة الانموذج** التخطيطي لاجراءات التحليل والمقارنة بين الطريقتين، وعلى اساس توظيف النتائج المحددة من اجراءات أي طريقة لتقدير قيم المؤشرات المستخدمة في المقارنة ، ومن خلالها تحدد افضلية أية طريقة.

شكل (٢) الانموذج التخطيطي لاجراء التحليل والمقارنة والاختيار

طرائق الموازنة	معايير المفاضلة	الاختيار
θ طريق الحد والفرع	θ نسبة الكفاءة_ النسبة الاكبر هي الافضل	في ضوء الأفضلية في

موازنة خط الإنتاج باستخدام كل من طريقة الحد والفرع والطريقة الاحتمالية.....٧.....

θ طريقة الاحتمالية تحلل طبقاً الى:- ١. مجموع اوقات المحطات. ٢. زمن الدورة. ٣. الوقت القياسي لنشاط الخط. ٤. معدل الانتاج اليومي ٥. مدة العمل اليومي	θ معدل الانتاج اليومي- الكمية الاكبر هي الافضل. θ الوقت العاطل: الوقت الاقل هو الافضل. θ مؤشر الانسيابية القيمة الاصغر هي الافضل. θ متوسط وقت الخدمة. القيمة الاصغر هي الافضل.	معايير المفاضلة نختار الطريقة الأفضل.

الفرضية الرئيسة:

(يترتب على تطبيق كل من طريقتي الحد والفرع، والاحتمالية في الشركة الصناعية العراقية اختلاف في الافضلية التي تقدمها معايير المفاضلة فيما بينهما).

استخدم البحث في طريقة دراسته المنهج التطبيقي ، اذ تم استخدام البيانات المأخوذة مباشرة من الشركة العراقية عينة الدراسة في تطوير كل من الطريقتين، واستخراج قيم معايير المفاضلة فيما بينهما.واختير خط انتاج مبردة الهواء في شركة الهلال_معمل المبردات_الزعفرانية، لانها تمثل المجال الاكثر ملائمة لتطبيق طرائق موازنة خط الانتاج.

٣- الجانب التطبيقي للبحث.

بناءًعلى ما سبق ذكره انفاً، اجريت الدراسه على خط انتاج **مبردة هواء** مصنوعة من الالمنيوم، احد خطوط انتاج شركة الهلال، معمل مبردات الزعفرانية، تم جمع البيانات حول الاتي،((المدة الزمنية لوجبة العمل، ومعدل الانتاج اليومي، وعدد العمال في المعمل ،والعمال في العمليات الاخرى ذات العلاقة بالخط، محطات العمل، والنشاطات الموزعة على محطات العمل بحسب اسبقياتها، والمدة الزمنية لكل نشاط). وفيما يأتي عرض للبيانات حول النقاط المذكورة انفاً:-

١. وجبة العمل(١٦) ساعة من ضمنها (نصف ساعة) وجبة طعام.
٢. الانتاج اليومي في حدود (١٢٠) مبردة.
٣. العدد الاجمالي لعمال المعمل(١٠٦) عامل.
٤. عدد عمال التقفيص (١٥) عامل
٥. عدد عمال التجميع (١٥) عامل

٣٠عامل

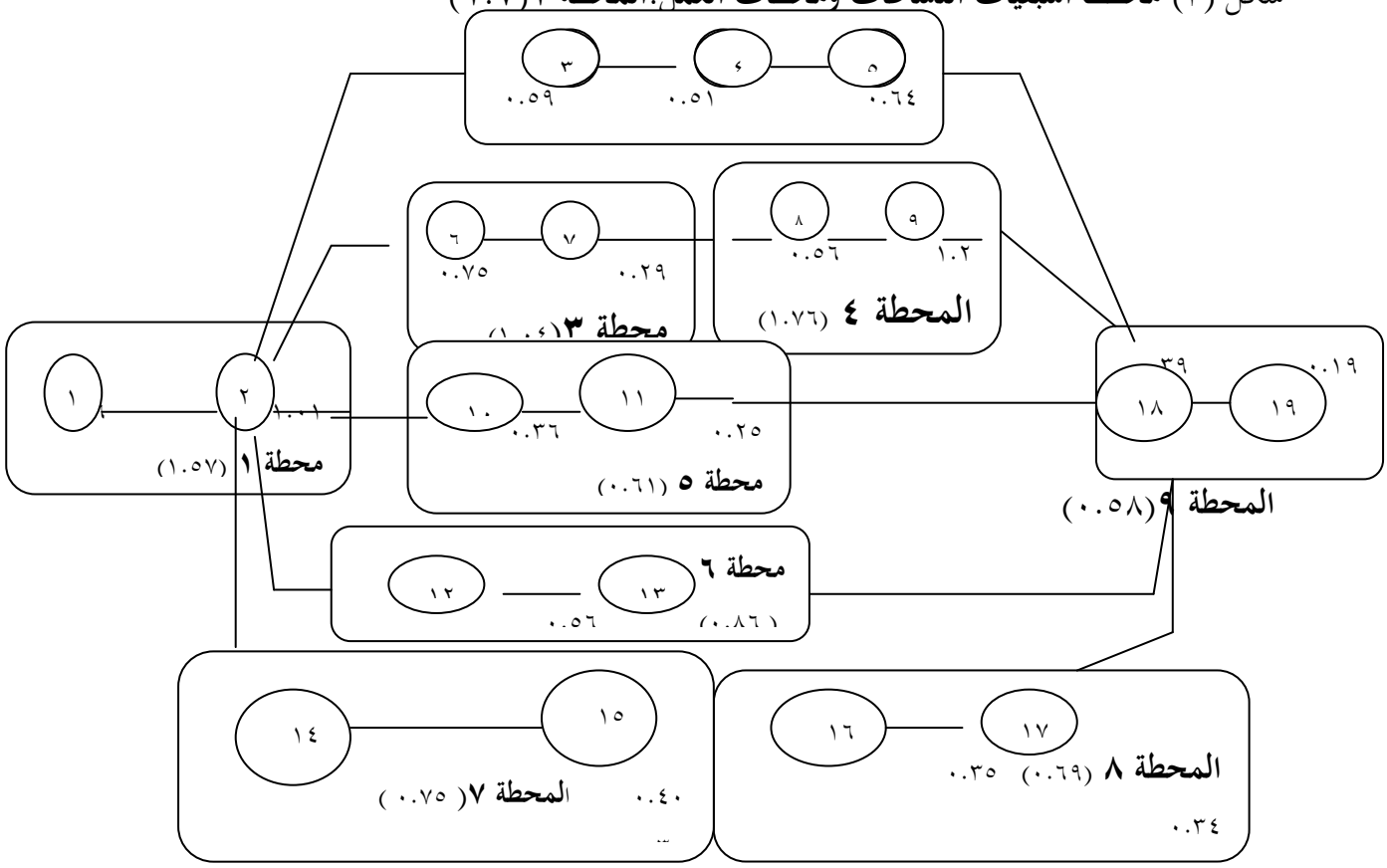
جدول (١) تفاصيل عناصر محطات خط عمل تجميع مبردة هواء

تسلسل المحطات	خلاصة عمل المحطة	متوسط زمن عمل المحطة(دقيقة)	الملاحظات
الاولى	تجميع هيكل المبردة	١.٥٧	

الثانية	تثبيت البلور وتركيب الوجه الامامي	١.٧	
الثالثة	تحضير المثبتات،وعملية التثبيت	١,٠٩	
الرابعة	ربط تقاسيم الماء وتثبيت المساند الامامية والخلفية	١,٧٩	زمن الدورة(الوقت الاطول)من بين المحطات
الخامسة	تثبيت مضخة الماء والمحرك	٠,٦١	
السادسة	تثبيت الشفت على المحور	٠.٨٦	
السابعة	تثبيت منظم الهواء	٠,٧٥	
الثامنة	الفحص الكهربائي النهائي	٠,٦٩	
التاسعة	تثبيت الشبابيك والاجزاء الاخرى لاستكمال المبردة	٠,٥٨	

يوضح الجدول(١)، مخطط اسبقيات النشاط، وتسلسل محطات العمل، وزمن الانجاز لاي منها مدخلات لاغراض تحليل موازنة خط الانتاج حسب **الطريقة الحالية، وطريقة الحد والفرع، والطريقة الاحتمالية.**

شكل (٣) **مخطط اسبقيات النشاطات ومحطات العمل .المحطة ٢(١.٧)**



ابتدأ تنظم البيانات طبقاً لما يأتي:-

- θ تنظيم النشاطات واحتساب عدد المحطات على وفق البناء الرياضي والفني للطريقة ، والموضح في شكل (١).
- θ احتساب زمن الدورة، الزمن المستغرق في كل محطة ، عدد المحطات، اقل عدد نظري من المحطات ،وحسب كل طريقة ،اذ تشكل الاساس لاحتساب معايير الاداء لكل طريقة من اجل المقارنة بين الطرائق قيد الدراسة.

١. تحليل خط الانتاج وموازنته في ضوء الواقع الفعلي للشركة

موازنة خط الإنتاج باستخدام كل من طريقة الحد والفرع والطريقة الاحتمالية.....٩.....

كمية الانتاج الفعلية للشركة يومياً =١٢٠ مبردة هواء

مدة العمل اليومي (بالدقيقة) =(٦_٠.٥) ٦٠= ٣٣٠ دقيقة

زمن الدورة =١.٧٦ (المحطة الاطول زمن)

مجموعة الاوقات القياسية لنشاطات الخط= ٩.٥٦ دقيقة

جدول (٢) خلاصة معلومات الطريقة الحالية

محطات العمل									مجموع اوقات المحطات	زمن الدورة	الوقت القياسي للنشاطات	مدة العمل اليومي (دقيقة)	معدل الانتاج اليومي
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9					
١.٥١	١.٧	١.٠٤	١.٧٦	٠.٦١	٠.٨٦	٠.٧٥	٠.٦٩	٠.٥٨	٩.٥٦	١.٧٦	٩.٥٦	٣٣٠	١٢٠
٠.١٩	٠.٠٦	٠.٧٢	صفر	١.١٥	٠.٩	١.٠١	١.٠٧	١.١٨	٦.٢٨	-	-		

٢-تحليل خط الانتاج وموازنته باستخدام طريقة الحد والفرع المطورة يفترض قبل استخدام أي طريقة من طرائق موازنة خط الانتاج، تقدير معدل انتاج وزمن الدورة مناسبين، لانهم الاساس للتحليل، وهذا التقدير لايتم عن طريق الحدس او الاجتهاد ، وانما يستخرج باستخدام البيانات الفعلية المستخلصة من عينة الدراسة. وعلى وفق ما يأتي:-

معدل الانتاج اليومي =١٢٠ وحدة (مبردة)

$$\text{زمن الدورة} = \frac{\text{٦٠ *٥.٥}}{\text{١٢٠}} = \frac{\text{٣٣٠}}{\text{١٢٠}} = \text{٢.٧٥ دقيقة}$$

تهدف طريقة الحد والفرع الى تحديد اقل عدد ممكن من المحطات من خلال توزيع النشاطات (المهمات) على المحطات بما يسهم في تحقيق الهدف السابق، وطبقاً للخطوات الاتية:-

- تنظيم اسبقيات النشاطات على وفق مصفوفة تتضمن رمزين (الصفر 0 الذي يشير الى عدم وجود علاقة مباشرة بين أي عنصرين)، و(الواحد ١ الذي يشير الى وجود علاقة مباشرة مع العناصر المتبقية).
- بناء مصفوفة توضح العلاقة بين العناصر (النشاطات) تتضمن صفوفها واعمدتها قيم(٠.١) ويعبر عن كل صف بالقيد (kki) . كما سيوضح في التطبيق العملي للطريقة.
- يتم اختيار العنصر الاول الذي يقع على جهه اليمين ويحمل قيمة (الصفر) على ان يكون من عناصر المحطة الاولى، عندها يطرح وقته من زمن الدورة، كما في العلاقة الاتية:-

CT-T

- يطرح من الرمز (KKi) الصف المقابل للعنصر الاول في مصفوفة الاسبقية، ويعطى رقم كبير مثل (1000) للعنصر الاول الذي يحمل (صفراً).
- ينشأ قيد جديد ل(kki)من خلال عملية الطرح سابقة الذكر.

- وتستمر العملية ما دام ناتج عملية الطرح بين زمن الدورة ووقت العنصر موجباً، لان هذا يشير الى ان زمن عمل المحطة لايزيد على الزمن المفترض للدورة.

تتأسس الطريقة على الافتراضات الاتية:-

- تنشأ المصفوفة على اساس العلاقة بين اسبقيات العناصر (النشاطات) المرتبة فنياً حسب طبيعة العملية.
- يتم بناء القيد (kki) بأستمرار مع تتابع تخصيص العناصر للمحطة.
- يجب ان يكون ناتج عملية طرح اخر عنصر يخصص للمحطة موجبة.
- يجب ان لايتجاوز الوقت المخصص للمحطة وقت الدورة المفترض، وان لا يخل بالتتابع الفني لاسبقيات العناصر.

تماشياً مع ما سبق ذكره ، سوف يتم عرض اجراءات تطبيق طريقة الحد والفرع المطورة كما يأتي:

- بعد استكمال مصفوفة الاسبقيات ، الموضحه في اعلاه يتم صياغة القيد kko

KK0= [01111111111111111151]

- يتم اختيار العنصر الذي يقع على جهه اليسار لا يحمل صفراً للمحطة الاولىويطرح وقته من زمن الدورة $CT-\sum T = 2.75 - 0.56 = 2.19$
- يطرح من kk0الصف الاول في مصفوفة الاسبقية ، ويعطى رقم كبير مثل (1000) للعنصر الاول الذي يحمل صفر.
- ينشأ قيد جديد kkiمن خلال kk1=1000 0111111111111111151
- يلاحظ العنصر الذي يحمل صفر على جهه اليسار ،اذ يتم الحساب على وفق الاتي:

$$CT-\sum t = 2.75 - (0.56 + 1.01) = 1.18 > 0$$

- يتم طرح الصف المقابل الذي تم اختيارة في مصفوفة الاسبقية (الصف الثاني) من القيد kk1

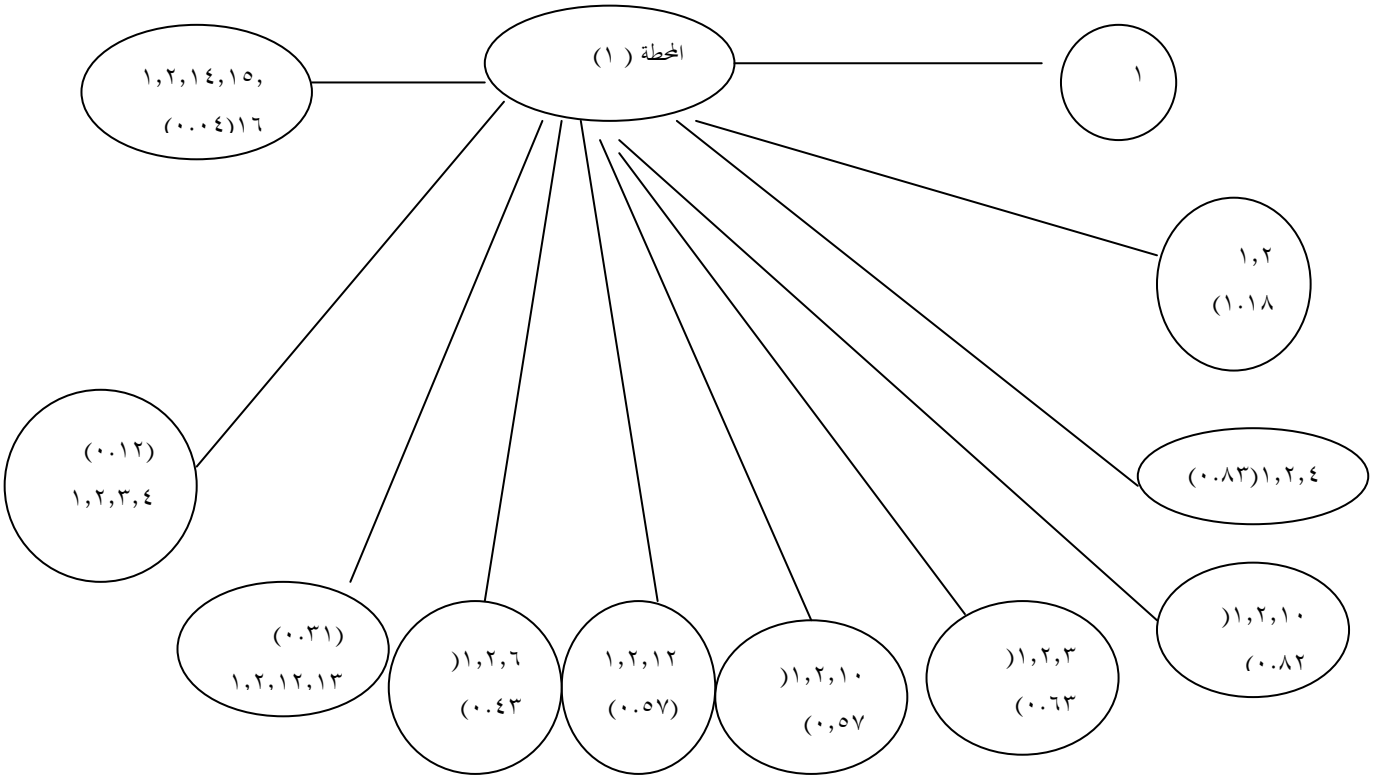
```
- 1000  011111111111111151
   0     0 100 1000 10 10 10 0000
-------------------------------------
-1000 –10000 1101110101011151
```

- توضح الصورة اعلاه طريقة تخصيص العنصر (1,2) للمحطة الاولى ،وعلى نفس الطريقة يتم تخصيص العناصر الاخرى للمحطة ما دامت نتيجة الطرح بين زمن الدورة ومجموع اوقات العناصر (موجبة) . وعلية فأن الوقت المخصص للمحطة لا يزيد على زمن الدورة .

شكل (٦) اجراءات تخصيص العناصر الى المحطة الاولى (١)

٢.١٩ الزمن المتبقي

اقل قيمه موجبة



جدول (٣) خلاصة معلومات الشكل (٦) لطريقة الحد والفرع

اوقات	محطة ١	محطة٢	محطة ٣	محطة٤	مجموع	الوقت	معدل	زمن	معدل	الملاحظات

				اوقات المحطات	القياسي للخط	العمل اليومي	الدورة	الانتاج اليومي	
اوقات المحطات	٢,٦٦	٢,٧٤	١,٨٢	٢,٣٤	٩.٥٦	٩,٥٦	٣٣٠	٢,٧٤	١٢٠	=معدل العمل اليومي / زمن الدورة
الوقت العاطل	٠.٠٩	صفر	٠.٩٢	٠,٤١	١,٤٢					

٣- تحليل خط الانتاج وموازنته باستخدام الطريقة الاحتمالية.

تهدف طريقة الاحتمالية كسابقاتها الى توزيع النشاطات على اقل عدد ممكن من المحطات، وطبقاً للخطوات الاتية:-

- θ تنظيم اسبقيات النشاطات (العناصر) على وفق مصفوفتين (F.P) ، اذ تنظم مصفوفة (P) على وفق الاسبقية المباشرة لنشاطات (عناصر) العمل للعينة موضوع الدراسة، وتنشأ مصفوفة (F) على اساس النشاطات التابعة لكل عنصر مباشرة .
- θ تخصيص العناصر على المحطات باستخدام قاعدة المرشح الاكبر ،وتعني البدء بتخصيص العنصر (النشاط) ذي القيمة الاكبر، والتدرج نزولاً طبقاً لصغر قيمة العنصر، على ان لايتجاوز اوقات نشاطات (عناصر) المحطة زمن الدورة، وان لاتخل بشرط الاسبقية الفنية للنشاطات.
- θ تحتسب احتمالية زمن الدورة لاية محطة على اساس العلاقة الاتية:-

$$\text{الاحتمالية } Z = \frac{ST - CT}{6\,s}$$

(الانحراف المعياري للمحطة)

ST وقت المحطة ، CT زمن الدورة

- θ يتم تخصيص العناصر بحسب التدرج التنازلي لقيمها (بحسب قاعدة المرشح الاكبر)، وتقارن احتمالية زمن الدورة لكل محطة، مع الاحتمالية المقدرة لها مسبقاً، ويتم اختيار زمن الدورة الذي يقابل اقل احتمالية بالمقارنة مع الاحتمالية المقدرة.

((وقت المحطة اقل من زمن الدورةST<CT))

تتأسس الطريقة على الافتراضات الاتية:-

- θ تفترض الطريقة ان قيم عناصر العمل ثابتة وتتوزع اوقاتها على اساس التوزيع الطبيعي،(وسط حسابي وانحراف معياري معينين).
- θ تحتسب الاحتمالية على اساس عدم تجاوز وقت أية محطة لوقت الدورة المقدر مسبقاً. ST<CT
- θ ينبغي ان تكون احتمالية أية محطة تم تخصيصها ضمن الاحتمالية المقبولة.

بناءً على ما سبق ذكره انفاً سوف يتم عرض اجراءات تطبيق طريقة الاحتمالية، كما يأتي:-

بعد تنظيم مصفوفتي (F.P)،تم العمل على وفق الخطوات والافتراضات سابقة الذكر، ولخصت النتائج في الجدول (٤).

تم تلخيص نتائج جدول (٤)لاغراض التحليل في الجدول الاتي:-

جدول (٥) خلاصة المعلومات المستخلصة من طريقة الاحتمالية

الوقت	محطة١	محطة ٢	محطة٣	محطة ٤	مجموع اوقات المحطات	زمن الدورة	الوقت القياسي للخط	مدة العمل اليومي	معدل الانتاج اليومي	لملاحظات
المحطة	٢.٦٥	٢.٥٩	٢.٣٣	٢.٠٢	٩.٥٤	٢.٦٥	٩.٥٦	٣٣٠	=١٢٥	مدة العمل

موازنة خط الإنتاج باستخدام كل من طريقة الحد والفرع والطريقة الاحتمالية.....٥.٦.....

										اليومي - زمن الدورة
العطل	صفر	٠.١١	٠.٣٢	٠.٦٣	١.٠٦					

٤- استخراج قيم معايير المفاضلة بين الطرائق الثلاث.

يستخدم لاغراض المفاضلة بين طرائق موازنة خط الانتاج المختلفة بما فيها الطرائق موضوع الدراسة، المعايير الاتية(نسبة كفاءة الخط،و معدل الانتاج، والوقت الفائض (العاطل)، ومؤشر الانسيابية، ومتوسط وقت الخدمة).

- نسبة الكفاءة = مجموع الوقت القياسي لنشاطات الخط / العدد الفعلي للمحطات * (زمن الدورة)

تعمل على قياس طاقة خط الانتاج، والنسبة الاكبر هي الافضل.

- الوقت الفائض =عدد المحطات *(زمن الدورة) – الوقت القياسي لمجموع نشاطات الخط.

يعمل على قياس الوقت الفائض او (تعطل الخط)، الوقت الاقل هو الافضل.

- معدل الانتاج اليومي = الوقت المحدد للانتاج يومياً / زمن الدورة

يعمل على قياس كمية الانتاج المتحققة يومياً من الخط، معدل الانتاج الاعلى هو الافضل.

- مؤشر الانسيابية =√مجموع (زمن الدورة – وقت المحطة)^٢ =SI = $\sqrt{\sum (CT-ST)}$

يعمل على قياس مستوى تدفق العناصر (النشاطات) على طول خط الانتاج، كلما تكون قيمة المؤشر صغيرة يقترب الخط نحو التوازن (أي الحالة هي الاحسن)

- متوسط وقت الخدمة = **مجموع اوقات محطات عمل الخط** /

العدد الفعلي للمحطات

يعمل على قياس سرعة تقديم الخدمة والانجاز في كل محطة، القيمة الصغيرة هي المؤشر الافضل.

جدول (٦) خلاصة استخراج قيم معايير المفاضلة

المعيار	العلاقة الرياضية	الطريقة الحالية	طريقة الحد والفرع	الطريقة الاحتمالية
نسبة الكفاءة =	$\frac{\sum T}{N\ S\ (CT)}$	$\frac{9.56}{9(1.76)} = 0.60$	$\frac{9.56}{4(2.74)} = 0.89$	$\frac{9.56}{4(2.65)} = \mathbf{0.90}$
معدل الانتاج اليومي =	$\frac{\text{وقت الانتاج اليومي}}{CT}$	120 فعلي	$\frac{330}{2.74} = 120$	$\frac{330}{2.65} = \mathbf{124.5}$
الوقت الفائض	$\sum T - N\ s(CT)$	$9.56 - 15.84 = 6.28$	$9.56\text{-}10.96 = 1.4$	$9.56 - 10.6 = \mathbf{1.04}$
مؤشر الانسيابية	$\sqrt{\sum (CT - ST)^2}$	$\sqrt{6.246} = 2.5$	$\sqrt{1.022} = 1.01$	$\sqrt{0.511} = \mathbf{0.71}$
متوسط الخدمة	$\frac{\sum Ts}{Ns}$	$\frac{9.56}{9} = \mathbf{1.06}$	$\frac{9.56}{4} = 2.39$	$\frac{9.54}{4} = 2.38$

θ ملاحظة: الارقام بالخط الغامق هي المعايير الاكثر افضلية للطريقة.

٤– مناقشة النتائج والاستنتاجات والتوصيات

٤–١ مناقشة النتائج

اظهرت النتائج اختلافاً في عدد محطات العمل المستخدمة في خط الانتاج من طريقة الى اخرى،وهذا يعود الى طريقة تخصيص الانشطة للمحطات، والمحددات التي تفرضها كل طريقة، علماً ان الطريقة الحالية لم تستخدم أي طريقة علمية اومحددات عند تحديد المحطات، وانما تعمل على ماهو قائم فعلاً، واظهرت النتائج اختلافاً في زمن الدورة من طريقة لاخرى. وهذا يعود ايضاً الى طريقة تخصيص النشاطات لكل محطة ومحدداتها، واظهرت النتائج ايضاً ان طريقتي الحد والفرع، والاحتمالية قد اظهرت اختلافاً عن الطريقة الحالية سواء في عدد المحطات او في قيم معايير المفاضلة، وكان الاختلاف نحو الحالة الاحسن في موازنة خط الانتاج ،مؤكدة بذلك ضرورة الاهتمام بالطرائق العلمية في موازنة خط الانتاج وامكانية تطبيق أي منها، واظهرت النتائج

اختلافاً في قيم مؤشرات الاداء بين الطرائق الثلاث بشكل عام، وبين طريقتي الحد والفرع والاحتمالية بشكل خاص .

اذ قدمت طريقة الاحتمالية الافضلية في جميع معايير المفاضلة عدا معيار متوسط وقت الخدمة، اذ كانت الافضلية للطريقة الحالية، وعلية فأن الاختلاف في قيم معايير المفاضلة بين طريقتي الحد والفرع، والاحتمالية ،يشير الى صحة الفرضية الرئيسية التي مفادها((يترتب على تطبيق كل من طريقتي الحد والفرع، والاحتمالية في الشركة الصناعية العراقية اختلافاً في الافضلية التي تقدمها معايير المفاضلة فيما بينها).

٤-٢ الاستنتاجات

- محدودية كفاءة الطريقة الحالية مقارنة بكل من طريقة الحد والفرع والطريقة الاحتمالية.
- خفض في عدد محطات العمل باستخدام كل من طريقتي الحد والفرع والاحتمالية مقارنة بالطريقة الحالية للشركة.
- زيادة في زمن الدورة لكل من طريقة الحد والفرع، والطريقة الاحتمالية مقارنة بالطريقة الحالية.
- اظهرت كل من طريقة الحد والفرع والطريقة الاحتمالية نتائج افضل لمعايير الافضلية مقارنة بالطريقة الحالية.
- اظهرت طريقة الاحتمالية افضلية في جميع معايير الافضلية مقارنة بطريقة الحد والفرع.

٤-٣ التوصيات

- ضرورة اهتمام الادارة الفنية في الشركة الصناعية العراقية بطرائق موازنة خط الانتاج، والاطلاع المباشر على الادبيات والدراسات التي توضح طبيعة هذه الطرائق وطريقة استخدامها.
- ضرورة اطلاع الادارة الفنية في الشركة العراقية على اسلوب تخصيص النشاطات على المحطات لكل طريقة، والمحددات التي تفرضها كل طريقة.
- على الرغم من تفوق طريقة الاحتمالية بأتجاه موازنة خط الانتاج مقارنة بالطرائق الاخرى التي قدمتها الدراسة، الا ان الحصول على النتيجة الافضل عملياً يفترض عرض وتحليل الطرائق المطلوب العمل على وفقها اولاً، وفي ضوء المحددات وامكانية تجاوزها ،يمكن

استخلاص طريقة افضل لموازنة خط الانتاج للشركة العراقية.اذ ينبغي ان يلاحظ عند التحليل (اقل زمن دورة ممكن) ،واقل (عدد ممكن من المحطات).

المصادر ::

١- زمزير، منعم جلوب، واخرون،"وظائف منظمات الاعمال"،دار زهران للنشر والتوزيع،عمان، ١٩٩٣ .

٢- الخفاجي ، سرور خضير حسين، " تطبيقات موازنة خطوط التجميع ذات الانموذج المنفرد": دراسة تطبيقية، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ١٦،العدد ١٠، ١٩٩٧.

٣- داود، فضيلة سلمان ،"اختبار اساليب موازنة خطوط الانتاج" : دراسة تطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة،١٩٩٩.

المصدر الاجنبية:-

1- Render,etal"Production and Operation Management",1st. ed.,Allyn & Bocom,Inc.,New York,1994.

2- Betts, J. & Mahmoud. U. I., (A Methods for Assembly Line Balancing) Int. J. Eng. Costs and Production Econ. Vol.18, 1989.

3- Elsayed ,Elsayed A., & Boucher Thomas O.," Analysis and Control of Production System",1st ,ed.,Prentice –Hall International,Inc.,New York,1985.

4- Groover, Mikellp ." Production and Operations Management",1st .ed.,Allyn & Bocom,Inc ., New York,1989.

5- Krajewski, Lee j. & Ritzman Larry P., (Operation Management; Strategy and analysis), 3 th &4th & 5th –ed., Wesley Publishing Co.,Inc ., United States of America, 1995,1996 & 1999.

6- **Kottas&lau"Astochastic line balancing procedure"international Journal of production Research,vol.19 ,No .2, 1981.**

7- **RussellRobert &Taylor III ,Bernard W., " production and operations Management; focusing on quality and competitiveness"prentice –Hall,INC.,New Jersey, 1995.**

8- **Render ,Barry,Heizer,Jay,"Production and Operations Management",1st .ed.,Allyn & Bocom,Inc ., New York,1988.**

9- **Slack, Nigel; Chambers, Stuart; Harland, Christine; Harrison, Alan & Johnston, Robert, (Operation Management), 2 th – ed., London,1991& 1998.**