موازنة خط التجميع المتعدد باستخدام خوارزميتي الاوزان الموقعية المرجحة وكومسوال دراسة حالة لخط الخياطة في معمل (٧) الشركة العامة للصناعات الجلدية/ بغداد

أ.د صباح مجيد النجار م. د هالة حمد ماجود
كلية الادارة والاقتصاد – جامعة بغداد – قسم ادارة الاعمال

المستخلص:

تظهر مشكلات عدم توازن خط تجميع النموذج المتعدد كواحدة من أبرز واعقد تلك المشكلات نظراً لخصائص هذا النوع من الخطوط. وتتحدد مشكلة البحث في كيفية اختيار الاسلوب الملائم القادر على أحتواء طبيعة عمليات تجميع النموذج المتعدد والذي تمثل بخط الخياطة في معمل(٧). والتي انعكست على ظهور الاوقات العاطلة مابين محطات العمل وضعف مخرجات الخط والتي لا تتلائم مع مستويات خطط الانتاج المحددة من قبل ادارة الشركة. لجأ الباحث الى إعداد نموذج محاكاة مرن يعتمداً على التوزيع الاحتمالي المنتظم لتوليد أوقات المهام لكل موديل. واستندت عملية تشغيل النموذج على نتائج عملية تخصيص المهام على محطات العمل على وفق خوارزميات الطرائق الاجتهادية (الاوزان الموقعية وكومسوال)، والتي في ضوئها تم استخراج النتائج في ظل عدد من مقاييس الاداء المطبقة في موازنة خطوط التجميع والتي على ضوئها اجريت عملية اختبار فرضيات البحث الثلاث. وتوصل البحث الى مجموعة من الاستنتاجات التي أثبتت قدرة نموذج المحاكاة على تحليل مشكلة البحث وفاعليته وتحقيق توازن خط الخياطة. كما تبين فاعلية الخوارزميات المطبقة ودورها في تحقيق نتائج أفضل لرفع كفاءة الخط وتحسينه وتعظيم مخرجاته قياساً الى الواقع الفعلي. كما يوصي البحث بضرورة تطبيق تقنية المحاكاة واستخدامها كاسلوب مناسب لمشكلات موازنة خط التجميع المتعدد .

المصطلحات الاساسية للبحث/ خط التجميع، خط التجميع المتعدد، خوارزمية، كومسوال، الاوزان الموقعية المرجحة

المقدمة:

تبرز مشكلات ترتيب وتصميم خطوط التجميع ومعالجة مشكلات عدم توازنها بوصفها أحدى أهم القضايا واعقد الحالات التي تواجهها عمليات التجميع، على الرغم من أن هذا النوع من المشكلات ليس حديثاً او وليداً عن المرحلة الحالية، وإنما التعقيدات المعاصرة في تغير الانظمة الانتاجية وظهور أنواع حديثة من خطوط التجميع والتي تمثلت بالخط المتعدد والمزجي جعلت من مشكلاتها ذات طابع ديناميكي مستمر. وقد قدم الباحثون في مجال ادارة الانتاج والعمليات والهندسة الصناعية دراسات أكاديمية تنوعت في أبعادها واختلفت في موضوعاتها وطورت من خلالها أساليب وطرائق تصميم خطوط التجميع ومعالجة حالات عدم التوازن في الخط. فكان منها الخوارزميات الاجتهادية وما فوق الاجتهادية والاجراءات الدقيقة والمطورة لتمثل مداخل حديثة غير تقليدية تهدف الى تحسين مستوى كفاءة خطوط التجميع المختلفة. وعلى الرغم من ذلك فمازالت عملية أجراء الموازنة لخطوط التجميع بأنواعها ومنها الخط المتعدد مقيدة بمحددات وقيود مختلفة، أو إنها تخضع في معظم الحالات للاجتهاد الشخصي الذي لايستند الى الاساس العلمي (كما هي الحال في خط الخياطة).

منهجية الدراسة

أولا: مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في ثلاثة أبعاد، الاول كيفية تحديد الاسلوب الأنسب لتحقيق توازن خط الانتاج المتعدد الانسب، في ظل الخصائص والصفات التي يحملها الخط المتعدد بوصفهِ نموذجاً معقداً متداخلاً في عملياته. أما البعد الثاني فيبرز في الواقع العملي، فقد تأشر لدى الباحث من خلال المعايشة الميدانية التي قضاها داخل الشركة اعتماد الاجتهاد الشخصي والتراكم المعرفي في اعادة ترتيب وموازنة الخط مع حجم كل دفعة للوحدات المجمعة، وهذا بدوره يظهر عدداً من المشكلات منها وجود أوقات عاطلة وحالات اختناق مابين محطات العمل على خط الخياطة. أما البعد الثالث فينتج عن الاختلاف والتذبذب العالي في أوقات الانجاز للمهام والانشطة لكل منتج وهذا ما أثبتتهُ البيانات التي تم الحصول عليها من واقع العمل الفعلي. إن ترابط هذه الإبعاد فيما بينها شكل تحدياً على تحسين أداء خطوط التجميع. مما أظهر الحاجة للتعامل مع مشاكلها بجدية وكفاءة أكبر، معززة ذلك بتطبيق الأساليب الكمية لتحسين مستوى خط الخياطة في معمل (٧) في الشركة العامة للصناعات الجلدية.

ثانياً: أهداف الدراسة

تحاول الدراسة تحقيق مجموعة من الأهداف

١. اختبار مدى تحسن مستوى أداء الخط في ظل تطبيق خوارزميتين رئيستين هما (الأوزان الموقعية و كومسوال) لتخصيص المهام والأنشطة ومحاكاتها.
٢. تقييم مدى فاعلية نتائج محاكاة موازنة الخط المتحققة عن الخوارزميتين مع مستوى التخصيص الناتج عن الواقع الفعلي.
٣. تصميم نموذج محاكاة محوسب قادر على التعامل مع متغيرات خط التجميع جميعها والسيطرة على حالة العشوائية لأوقات المهام والانشطة.
٤. توظيف عدد من مقاييس الاداء لتقييم مستوى أداء خط التجميع الحالي، وتحقيق تدفق أمثل للوحدات المجمعة والذي يسهم بتحسين ورفع مخرجات الخط.

ثالثاً: أهمية الدراسة

يمكن بلورة اهمية الدراسة بالمجالات الاتية:

١. تنبع أهمية الدراسة من الدور الذي يقدمه في مواجهة مشكلات عدم توازن الخط، والتي تتمثل بالوقت العاطل والاختناقات وعدم كفاءة الخط وضعف عملية التخصيص لمحطات العمل وأنخفاض مستوى المخرجات. لأنها تشكل حالة هدر لمستويات الطاقة الانتاجية وتحمل كلف عالية لعدم الاستثمار الجيد لتصاميم الترتيب الداخلي للخط.

٢. توجيه الاهتمام نحو تفعيل استخدام الخوارزمية الرياضية في بناء مشكلات موازنة خطوط التجميع ومعالجتها داخل شركاتنا العراقية، لتطوير الواقع الفعلي لنظم التجميع الصناعية وما يصاحبها من زيادة في مستوى الاداء وتحسينه.

٣. تبرز أهمية الدراسة من خلال ما تقدمه نموذج المحاكاة من نتائج علمية تمثل اسلوباً لموازنة خط التجميع في قسم الخياطة، وما يترتب عليها من دور مهم يساعد إدارة المعمل على اجراء المقارنة بين عدة بدائل لمواجهة التذبذب والعشوائية في أوقات المهام لكل منتج مجمع على الخط واختيار الأنسب من بينها.

رابعاً: وصف مجال الدراسة

تم اختيار معمل (٧) بوصفه أحد معامل (الشركة العامة للصناعات الجلدية / موقع بغداد) ولاسيما وأنه أقدم المعامل في الشركة. فهو يتميز بقدراته العالية من حيث أنجاز الاعمال قياساً بالمعامل الاخرى. يضم المعمل ثلاثة خطوط تجميعية وهي(خط الفصال و خط الخياطة و خط الجر او السحب). فضلاً عن وجود محطة واحدة لفحص وضبط الجودة في كل خط، يضم المعمل (٨٠) عاملاً موزعين على الخطوط الثلاثة وبحسب متطلبات العمل في كل خط، ويقوم معمل (٧) بأنتاج الأحذية الرجالية والشبابية بأنواعها المختلفة، بناءً على طلبات السوق أو وفق طلبيات خاصة مع وزارات الدولة ودوائرها المختلفة. وقد تم التركيز على خط الخياطة في معمل (٧) كمجتمع للدراسة واختيار سبعة موديلات(وهي نماذج من الأحذية الرجالية) كعينة للدراسة انتجت فعلاً على هذا الخط خلال عام (٢٠٠٩) من واقع احد عشر موديلاً انتج فعلاً على خط الخياطة. وقد تضمنت عينة الدراسة الموديلات الاتية ((٧٤٠) حذاء رجالي، (٧٥٦) بوت رجال، حذاء رجالي(٧٨٩٤) ، (٧٦٨٧)حذاء شبابي،(٧٩٩) بوت رجالي ،(٧٧٤) حذاء رجالي،(٧٦٧) حذاء رجالي). وقد تم اختيار معمل (٧) لملائمة طبيعة العمل في خط الخياطة مع حالة الدراسة نظراً لتعدد المهام والانشطة المنجزة على الخط، فهو يضم عدداً من العمليات الآلية واليدوية التي تشكل حالة من التذبذب والتغير في مستويات الانجاز لكل دفعة تجميع لاختلافات متطلبات الانجاز لكل واحدة منها.

خامساً: أدوات الدراسة

اعتمدت عملية التحليل لمشكلة الدراسة على مجموعة من الأدوات الكمية وأهمها:

اولاً: مقاييس الاداء وهي (مقياس وقت دورة الانتاج (CT)، مقياس معدل الانتاج بالساعة (OPH)، مقياس نسبة كفاءة الخط (EFF%)، مقياس نسبة الوقت العاطل (IDL%، مقياس الوقت الضائع).

ثانياً: خوارزميات الطرائق الاجتهادية: تعتمد عملية التحليل على استخدام خوارزمية (الاوزان الموقعية وكومسوال) لتخصيص المهام والانشطة على محطات العمل.

ثالثاً: المحاكاة: تم تصميم وتشغيل نموذج محاكاة لانظمة الاحداث المستمرة لمحاكاة أوقات المهام والانشطة واستخراج النتائج والتي في ضوئها تم اختبار الفرضيات.

رابعاً: الأساليب الإحصائية: تستند الدراسة الى بعض الأساليب الأحصائية منها التوزيع الاحتمالي المنتظم والوسط الحسابي والانحراف المعياري و اختبار t-test لاختبار فرضيات الدراسة.

خامساً: البرامج الحاسوبية: تم استخدام أحدى تقنيات البرامج الحاسوبية والمتمثلة ببرمجية Excel في تصميم وتشغيل نموذج المحاكاة المحوسب وإجراء العمليات الحسابية والإحصائية والاختبارات.

سادساً: منهج الدراسة

تستند الدراسة الى تطبيق وأعتماد منهج دراسة الحالة (Case Study) في بناء مفردات الدراسة وصياغتها وتحليلها وصولاً الى النتائج المتحققة. وذلك بوصفهِ سمة من سمات أساليب الدراسة العلمي الذي يستند الى الوصف التفصيلي الواضح والدقيق لتحديد حدود العلاقة بين متغيرات مفردات الحالة وعمقها والتي تعطي مؤشرات علمية تقدم مداخلاً فكرية حول أمكانية الجمع بين أكثر من طريقة وأسلوب بحثي، وهذا ما يتجلى بالمعايشة الفعلية والحقيقية للحالة قيد الدراسة، للوقوف على الأحداث والتغيرات كافة والتي تتناغم مع منهجية الدراسة.

سابعاً: فرضيات الدراسة

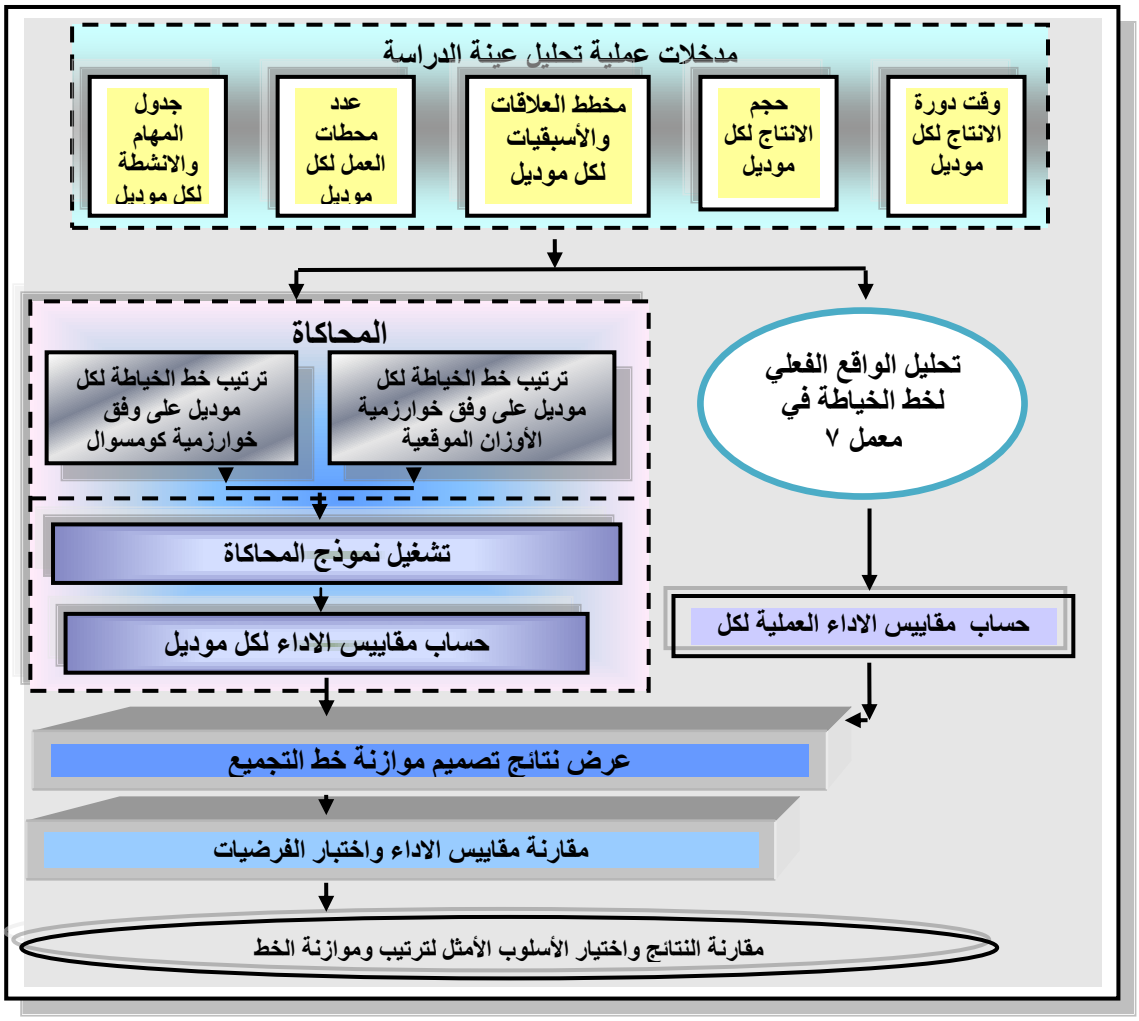
الفرضية الاولى: (هناك اختلافات ذات دلالة معنوية بين مقاييس الاداء الناتجة عن محاكاة خط التجميع المتعدد المرتب على وفق خوارزمية الوزن ألموقعي المرجح، ومقاييس أداء خط التجميع المتعدد المطبق في معمل (٧) ولموديلات عينة الدراسة جميعها).

الفرضية الثانية: (هناك اختلافات ذات دلالة معنوية بين مقاييس الاداء الناتجة عن محاكاة خط التجميع المتعدد والمرتب على وفق خوارزمية كومسوال ومقاييس أداء خط التجميع المتعدد المطبق في معمل (٧) ولموديلات عينة الدراسة جميعها).

الفرضية الثالثة: (هناك اختلافات ذات دلالة معنوية بين مقاييس الاداء الناتجة عن محاكاة خط التجميع المتعدد المرتب على وفق خوارزمية كومسوال ومقاييس الاداء الناتجة عن محاكاة خط التجميع المتعدد المرتب على وفق خوارزمية الوزن ألموقعي المرجح في معمل (٧) ولموديلات عينة الدراسة جميعها).

ثامناً: المخطط الاجرائي للدراسة

يوضح الشكل (١) المخطط الاجرائي للدراسة



الشكل(١)
المخطط الاجرائي للدراسة

تاسعاً: أساليب جمع البيانات والمعلومات

لتعزيز حالة الدراسة وإغناء جوانبه فقد تم جمع البيانات والمعلومات المطلوبة على جانبين هما:-

١: الجانب النظري

اعتمدت الدراسة في تشكيل الجوانب النظرية على عدد من المراجع، والمصادر العلمية، والدوريات، والبحوث العربية، والاجنبية، فضلاً عن الرسائل الجامعية المتعلقة بالموضوع نفسه و الاستعانة بشبكة المعلومات الدولية التي ساعدت الباحث على بلورة الافكار وبناء الاتجاهات النظرية في طرح توجهات الدراسة الفكرية.

٢: الجانب العملي

تم الاسترشاد بأساليب عدة من أجل جمع البيانات والمعلومات اللازمة لعملية الدراسة والتحليل والتي كانت من أهمها الزيارات الميدانية والمقابلات الشخصية و المشاهدات الميدانية والسجلات ووثائق الشركة.

المبحث الثاني/ الإطار العام لخطوط التجميع

ظهرت خطوط التجميع بأشكالها الأولية البسيطة والتقليدية في مصانع Henry Ford مع بدايات (1900) في مدينة (Detroit)، وتحت ظروف عمل متمثلة بوحدة الإشراف (Unidirectional) وتدفق العمل (Workflow) المستمر، إذ كان الانتاج يتركز على نوع واحد فقط من خطوط التجميع. يعرف خط التجميع على انه نظام تجميع يتضمن سلسلة من محطات العمل المرتبطة مع بعضها بواسطة آلية نقل تتمثل بالحزام الناقل Conveyer Belt تتدفق الوحدات المنتجة بواسطتهِ (Betancourt, 2007: 6). فهو يظهر مع أنظمة الانتاج الواسع Mass (Production Systems)، والتي تضم مجموعة من محطات العمل المصممة لتجميع منتج محدد أو عائلة منتجات (Pekin, 2006: 1). اما عملية موازنة خط التجميع فتعرف على انها تخصيص مجموعة من المهام المطلوب القيام بها في نظام متعاقب على محطات العمل على وفق الأسلوب نفسه لتحصل كل المحطات تقريباً على كمية متساوية من عبء العمل لتحقيق الأمثلية على وفق بعض مقاييس الأداء (Chutima and Suphapruksapongse, 2004: 62). أو هي عملية تخصيص مقدار متساوٍ من العمل لمحطات مختلفة على طول الخط (Baykasoglu and Derelli, 2009: 1). ويؤكد الباحث Hamedi على تخصيص المهام على محطات العمل وبالطريقة نفسها للوقت الكلي للمهام المخصصة لتلك المحطات بما يساوي وقت دورة الخط (Esmaeilian, et. al., 2009: 616).

أنواع خطوط التجميع Types of Assembly Lines

١: أنواع الخطوط على وفق عدد المنتوجات أو النماذج

أ- خط النموذج المنفرد Single – Model Line (SML)

ويطلق عليه خط المنتوج المنفرد لانتاجه منتج واحد نمطي متشابه. ويتلاءم هذا النوع من الخطوط مع حجوم الإنتاج الكبيرة المحددة بإنتاج نموذج واحد منفرد من المنتوجات (Boysen, et.al., 2006: 5).

ب- خط النموذج المتعدد Multi – Model Line (MML)

يوصف خط النموذج المتعدد أو نموذج المنتوج – المتعدد (Multi – Product Model) بأنه من نماذج التجميع الحديثة والمطورة، فاختلاف المنتوجات وتنوع النماذج لنوع المنتوج نفسه يتم تجميعه على وفق خطوط تجميع النموذج المتعدد (Eryuruk, et. at., 2008: 93). في هذه الخطوط تختلف النماذج المنتجة والتي تكون على شكل دفعات واحدة عن الأخرى. فقبل البدء بعملية إنتاج الدفعة الخاصة بمنتج معين فان متطلبات الخط من حيث (الأدوات، والأفراد المشغلين، وتجهيز المواد)، يتم إعدادها وتهيئتها لمنتج معين أو متنوع وبحسب متطلبات ذلك المنتوج (Copaceanu, 2006: 341). لذلك يتم تنفيذ عمليات التجميع على نوع أو نموذج واحد فقط من المنتوجات، ومن ثم يعاد استبدال وترتيب تخصيص المهام لمنتج آخر. وتعتمد عملية موازنة الخط على كل نموذج أو نوع مطبق بشكل منفرد (Flalkenauer, 2005: 7). وعلى الرغم من اختلاف وتباين النماذج والأنواع التي يتم تجميعها إلا إنها تستخدم موارد الانتاج نفسها (المكائن والمعدات والمشغلين). ويطلق عليه أيضاً تسمية خط الانتاج بالدفعة (Batch Production Line) إذ تزداد الكلف وأوقات الإعداد والتهيئة مع زيادة عدد الدفعات، فضلاً عن التأثير الذي يظهر عن أختلاف وتباين حجم الدفعات لكل نموذج على الخط.

ج- خط النموذج المزجي أو المختلط Mixed – Model Line (MML)

يشير هذا النموذج إلى تنوع عالٍ للمنتج الأساسي والذي ينتج بشكل آني (Simultaneously) على الخط، لذلك فإن عملية الانتاج لا تتضمن أوقات إعداد وتهيئة النماذج المطلوبة الأساسية التي لها مهام

تصنيعية واحدة (Betancourt, 2007: 9) ، إذ تتواجد نماذج مختلفة على خط التجميع وتظهر بشكل تعاقبي متداخل وتختلف هذه النماذج فيما بينها بالحجم واللون والمواد والمعدات المستخدمة. فضلاً عن تباين أوقات المهام وعلاقات الأسبقية فيما بين النماذج المجمعة (Becker and Scholl, 2003: 15). لذلك يظهر هذا النوع من الخطوط بشكل كبير في بيئة الانتاج التي تتميز بالتنوع العالي وحجم منخفض، إذ إن معدات الانتاج أو التجميع لا تكون متخصصة بإنتاج منتجات محددة وانما تكون مشاركتها ما بين عوائل المنتوج.

٢: أنواع الخطوط على وفق توزيع المهام أو تغيير وقت المهام

أ- الخط المحدد Deterministic Line

يفترض هذا النوع ثبات وتأكيد وقت أنجاز المهام إذ إن كل أوقات المهام تكون معروفة وثابتة.

ب- الخط العشوائي Stochastic Line

في هذا النوع تتأثر أوقات معالجة المهمة بعوامل مختلفة ومتنوعة مثل القابلية والحافز للأفراد العاملين او المشغلين لذلك فإن وقت المعالجة للمهام يكون ذا صفة أحتمالية. أو يكون هناك تذبذب و تغيير مستمر وكبير في نماذج وأجزاء المنتوج المصنع (Betancourt, 2007: 9).

ج- الخط الديناميكي Dynamic Line

ضمن هذا النوع يكون الأفراد العاملين أكثر نظاميين في أنجاز واختزال الأعمال والوقت وهذا ناتج عن تأثير التعلم المتكرر والمتعاقب والتحسينات في عملية الانتاج. فعندما تظهر مهام جديدة فإن الافراد العاملين يستغرقون أوقات أطول لانجاز وتنفيذ العملية قبل أن تصبح مألوفة لديهم (Pekin, 2006: Familiar 7).

د- الخط التابع (أو المعتمد) Dependent Line

يظهر نوع اخر من الخطوط يعتمد على أوقات المهام أو الانشطة، فقد تكون أوقات العملية غير ثابتة اومحددة وإنما تتأثر بما يحدث في المحطة السابقة (Betancourt, 2007: 10).

٣: أنواع الخطوط على وفق التكرار

أ- التركيب لأول مرة First Time Installation

يشير هذا الخط إلى الحالة الابتدائية الأولى لتركيب الخط أي إن عمليات التجميع لم يتم تثبيتها أو أنها مركبة بشكل جزئي. (Boysen, et. al., 2006: 11).

ب- إعادة الترتيب أو التشكيل Reconfiguration

تتكون معظم مشكلات الموازنة من إعادة الترتيب فقد يحدث تغيير في أشكال الخطوط من حيث تقليل أو إضافة عدد من المحطات، وهذا يتطلب إعادة توزيع محتوى العمل ما بين المحطات على وفق تغيير أوقات دورة الإنتاج.

٤: أنواع الخطوط على وفق تدفق الوحدات المجمعة (أجزاء المنتوج)

أ- الخطوط المتزامنة Synchronous Lines

يطلق عليها الخطوط المتزامنة أو المتحركة أو الآنية وهي تشير للحركة المستمرة والمؤتمتة لكل المحطات ضمن وقت دورة انتاج واحدة، لذلك فإن جميع محطات العمل تبدأ بالمعالجة في وقت واحد وتتدفق الأجزاء المنجزة في شكل آني للمحطات المتزامنة ضمن معدل أنتاج ثابت (Betancourt, 2007: 12).

ب- الخطوط غير المتزامنة Asynchronous Lines

تعمل المحطات في هذا النوع من الخطوط ضمن مديات سرعة مختلفة لذلك فإن أجزاء المنتوج يتم تحويلها عند إكمال المهام المطلوبة إلى محطات أخرى، وهنا يتم ربط المحطات ضمن حاجز أحتياطي من مخزون المواد (Buffers) لغرض التغلب على حالات التوقف المزمن لمحطات العمل نتيجة التنقل بين المحطات. فضلاً عن تقليل حالات الاختناقات الحاصلة بين المحطات (Betancourt, 2007: 12).

ج- خطوط التغذية Feeder Lines

تعّد هذه الخطوط تكميلية وإضافية تدعم وتعزز الخط الأساسي أو الرئيس بواسطة تجميعات فرعية لخطوط ثانوية.

مشكلات موازنة خطوط التجميع Assembly Lines Balancing Problems (ALBP)

عند دراسة وتحليل خطوط التجميع بكل أشكالها وأنواعها يبرز نوعان من المشكلات، أحدهما يرتبط بمشكلات تصميم الخط (Line Design (LD)) والأخرى يتعلق بمشكلات موازنة خطوط تجميع. تتصف مشكلات تصميم الخط في أغلب الاحيان بهيكلها المعقد والسبب في ذلك يعود إلى تعدد مكونات وعناصر الخط، من حيث (الأدوات، والعاملين، ووسائل المعالجة) والمحور الأساسي يكون المنتوج. فإذا كان المنتوج منفرد (Single) فان عدد البدائل المصممة لهذا النوع من الخطوط يمكن تحديدها، أي بإمكان المصمم أن يأخذ بنظر العناية كل العناصر المحتملة والحالات الممكنة لهذه البدائل (Rekiek and Delchambre, 2006: 5). أما إذا كان المنتوج يتصف بالتنوع العالي في ظل بيئة تصنيع إيصائية وطلب متذبذب فضلاً عن تعدد وتداخل مكونات وعناصر الخط، فإن أهداف وقيود التصميم تكون حرجة أمام المصمم وعادةً ما يتم اللجوء إلى الأساليب المتطورة بالاعتماد على الحاسوب لتقديم تصاميم جديدة تحتوي جميع العناصر والمكونات الممكنة للخط. بمعنى تقديم تصاميم قادرة على أعطاء تشكيلة واسعة ومتنوعة من حالات الترتيب لخط التجميع بالأسلوب الذي يضمن إعادة ترتيبه بأقل ما يمكن من المشكلات وبناءً على ذلك ترافق عملية التصميم مجموعة من القيود كما حددها الباحثان Rekiek and Delchambre وهي قيود التتابع وقيود اختيار المعدات وقيود الجدولة وقيود المعالجة وقيود تعقيد المهام وقيود الترتيب الداخلي وقيود توزيع المهام على محطات العمل. أما النوع الثاني من المشكلات فيظهر مع دراسة وتحليل خطوط التجميع والتي يطلق عليها مشكلة موازنة خط التجميع وينشأ هذا النوع من المشكلات عندما تتعدد وتتباين أوقات الإنجاز في عملية الإنتاج والتجميع، والتي تقود إلى مشكلة الاختناق (Bottleneck) في العمليات التي تحتاج وقت أطول لإنجازها، أو تظهر مشكلة الوقت العاطل في العمليات التي تحتاج وقت أقصر لإنجازها. وهذه المشكلات تكون نتيجة التوزيع والتخصيص غير المتكافئ للمهام والموارد على محطات العمل. ويمكن تعريفها على انها تخصيص المهام على محطات العمل بالشكل الذي يخفض من مقدار الوقت العاطل للخط مع الحفاظ على شروط التخصيص وهي:- (Esmaeiliani, et. al., 2008: 132). الأول: وقت المهمة الكلي المخصص للمحطة يجب أن يكون أقل أو يساوي وقت دورة الإنتاج. اما الثاني: تخصيص المهمة يجب أن يتوافق مع نتائج المعالجة للمهام ككل.

الإطار العام لإجراءات معالجة مشكلات موازنة خطوط التجميع

لقد انبثقت منهجيتان تدعم اجراءات وطرائق المعالجة. فالمنهجية الأولى تضم الطرائق الاجتهادية أما المنهجية الثانية فتضم طرائق الأمثلية (Optimal) (Khan and Day,2002: 443). وهناك من يضيف تصنيفاً أخراً يطلق علية الطرائق التقريبية (Approximate Methods) ، والتي تضم (الاجتهادية و غير الاجتهادية). فالطرائق الاجتهادية تتعامل مع أجراءات محددة وبسيطة يمكن من خلالها الحصول على حلول جيدة وقريبة من الحل الأمثل، لذلك يطلق عليها في بعض الأحيان الطرائق البناءة (Constructive Methods)، أما القاعدة الأساس التي تستند اليها هو عدد العمليات وتعاقب أوقات معالجة المهام على محطات العمل. وأصبحت هذه الطرائق واسعة التطبيق نظراً لما تقدمهُ من أجراءات تقريبية محددة وواضحة يمكن من خلالها معالجة أغلب مشكلات موازنة خطوط التجميع، ومن ابرز هذه الطرائق والخوارزميات الاجتهادية التي تم الاعتماد عليها في مجال الدراسة هي: (Fonseca , et.al., 2005:61) (Bukchin and Masin,2004:327) (Eryuruk, et.al,2008:93-94).

خوارزمية ترتيب الأوزان الموقعية المرجحة Ranked Positional Weight Algorithms

تعتمد هذه الخوارزمية على تحيد الأوزان لكل مهمة على وفق مجموع وقت أداء تلك المهمة وأوقات أداء المهام التي تتبعها في مخطط الأسبقية. إذ يتم تخصيص المهام لمحطات العمل ابتداءً من المهمة التي تحمل اكبر وزن وعلى وفق الترتيب المطبق. ومن ثم تخصص المهمة اللاحقة ذات الوزن الأقل للمحطة الثانية وهكذا بشكل تنازلي يتم الترتيب مع الاعتماد على قيود الأسبقية (Eryuruk, et.al.,2008:94).

خوارزمية كومسوال COMSOAL Algorithms

تعد هذه الخوارزمية أحدى الطرائق الاجتهادية الرئيسة والمهمة في مشكلات موازنة خطوط التجميع، و كلمة (COMSOAL) هي اختصار عن (Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines) (Baykoc,2008:76). وهي أشارة لاستخدام الحاسوب في تطبيق هذه الخوارزمية فضلاً عن امكانية أجرائها بشكل يدوي فهي لا تتطلب مهارات عالية عند تنفيذها (Suwannarongsri and Puangdownreong, 2009:1115). إن فلسفة هذه الخوارزمية تقوم على أساس توليد عدد من الحلول الملائمة لمشكلات تخصيص الموارد من خلال حلقة تكرارية، إذ تستخدم المحاكاة للحصول على مجموعة من الحلول البديلة ومن ثم اختيار الأفضل من بينها.

طريقة وقت المهمة (العملية) الأطول (Longest Task (Operation) Time Method)

بموجب هذه الطريقة يتم اعداد قائمة بجميع المهام مرتبة تنازلياً من اطول وقت الى اقصر وقت ثم توزع المهام على محطات العمل على وفق هذا المعيار ابتداء بالمحطة الاولى مع مراعاة شرط عدم تجاوز الأسبقية وعلاقات التتابع بين المهام المخصصة على محطات العمل، تعد هذه الطريقة من الطرائق البسيطة والتي لا تحتاج المجهود كبير لتطبيقها.

خط تجميع النموذج المتعدد

أخذت تبرز في الآونة الاخيرة خطوط تجميعية حديثة في ظل نماذج وأشكال مختلفة باحثة في نموها عن أساليب وطرائق جديدة لاحتواء متطلبات التغييرات في أنظمة التجميع الصناعي. فكان خط تجميع النموذج المتعدد (Multi- Model Assembly Line) واحداً من تلك الخطوط الحديثة التي ظهرت وهو حالة خاصة ضمن نماذج خطوط التجميع. فهو يعرف على أنه تجميع منتجين أو أكثر مفصولة بشكل دفعات (Chutima and Suphapruksapongse,2004:63). أما التعريف الذي قدمه كل من Tseng & Tang فهو أكثر تفصيلاً في وصفهِ لخط النموذج المتعدد من حيث الإشارة إليه بذلك الخط الذي يسمح بإنتاج مجموعة مختلفة من المنتوجات على شكل دفعات ، يعاد بعد كل دفعة تهيئة وإعداد المكائن بما يتلاءم مع كل منتج يتم تجميعه على الخط (Tseng and Tang,2006:98). أما Torres فيرى أنه خط لإنتاج عدد من المنتوجات المختلفة على خط واحد (Torres,2007:11). ويصفه Ahmed بذلك الخط الذي ينتج موديلات متعددة على وفق كميات مختلفة (Ahmed,2008:9). أو هو خط لانتاج أكثر من منتج واحد على شكل دفعات (Matondang and Jambak,2010:145).

خصائص عمليات النموذج المتعدد

تعاملت مع النموذج المتعدد دراسات وتطبيقات محدودة قياساً بالنماذج الاخرى (Boysen, et. al., 2008:8). والسبب في ذلك يعود إلى أن هذا النوع من الخطوط مشابه لنظام الانتاج بالدفعة، وهذا النوع من الانظمة الانتاجية معقد جداً، فهو يتطلب تجميع منتجات مختلفة وبحسب الطلب، كما أن الوقت المطلوب للمعالجة يختلف من منتج إلى أخرى في كل ماكنة أو محطة عمل بسبب أختلاف المسار التكنولوجي لكل منتج. فضلاً عن تعدد أوقات التهيئة والإعداد مع كل منتج، وعليه فإن خصائص النموذج المتعدد تتحدد بـ (تعدد المنتوجات وتعدد محطات العمل والعامل البشري وخصائص المنتوج وطول دورة الانتاج). (Matondang and Jambak,2010,145)، (Bukchin and Robinowitch,2005:3)، (Khan and Day,2002:448)

موازنة خط التجميع للنموذج المتعدد

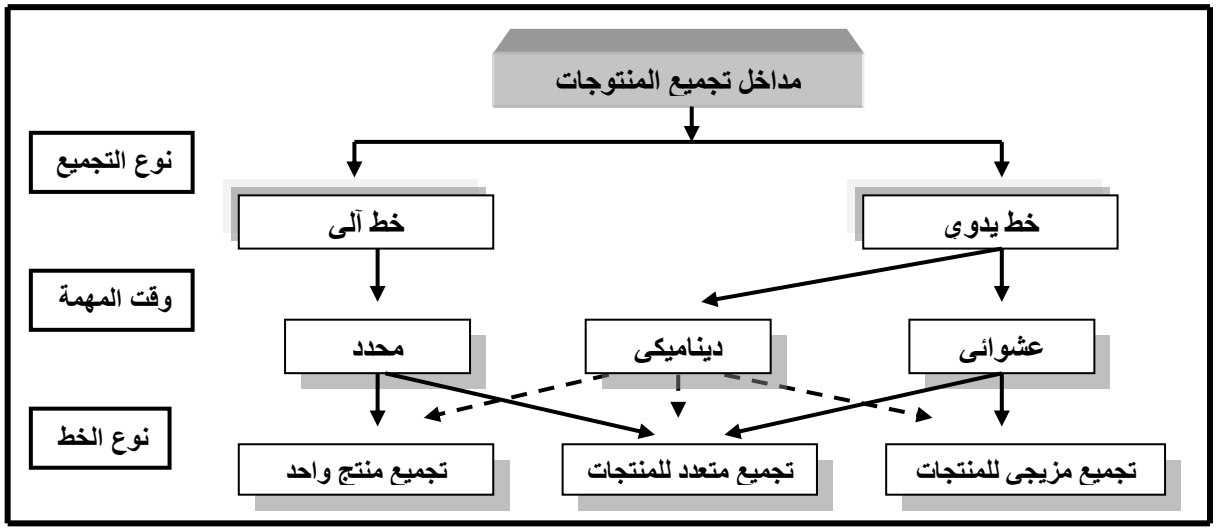
إن نطاق موازنة خط التجميع للنموذج المتعدد ومعالجة كل المشكلات التي تظهر على هذا الخط تعتمد على نوع عمليات التجميع المطلوبة لعدد من المنتوجات المختلفة، والتي قد تكون ذات تتابع ممزوج أو تتابع متداخل لأوقات التهيئة والإعداد (Torres,2007:11). وهذه الحالة تولد التعقيد والاختلاف في حساب وتقدير أوقات المهام. فضلاً عن تعدد حجم الدفعات لكل منتج، فاذا كان حجم الدفعة كبيراً فإن أساسيات موازنة الخط تتطلب تمييز واضح للمنتجات والذي يكون ذا دلالة معنوية لأوقات التهيئة والإعداد مابين الدفعات. أو تكون أوقات التهيئة والإعداد متقاربة أذا كان حجم الدفعات صغيراً، ويمكن توضيح بعض الأبعاد الضرورية في عملية موازنة خط التجميع للنموذج المتعدد وكالاتي:

١) وقت العملية / المعالجة: يعد وقت العملية أو المعالجة من المعلمات الأساسية في موازنة خط التجميع، فهو يعتمد على طبيعة ونوع المهام التي تتأثر بكفاءة ومهارة العاملين ودرجة المعولية في تحديد وتخصيص المكائن والمعدات اللازمة. فاذا كانت المهام بسيطة فإن وقت العملية يكون ذا تنوع قليل وشبه قصيرة، وعندما تصبح المهام معقدة وغير واضحة ومتداخلة فإن وقت العملية يكون مربكاً وغير ثابت وطويل نوعاً ما (Copaceanu,2006:348). وعليه يتأثر وقت العملية بطبيعة ونوع أوقات المهام التي تصنف الى:-

أ) الوقت المحدد Deterministic Time : بالنسبة للخطوط البسيطة أو التقليدية فإن وقت المهام يكون ثابتاً ومحدداً، ففي حالة الخطوط اليدوية تصبح الاوقات مقيدة بمستوى أداء الافراد ودرجة الدافعية لديهم. أما في خطوط النموذج المتعدد فإن طبيعة الوقت تبرز مع درجة تعدد وتنوع المنتوجات المتماثلة في العمليات والمدة التي يتطلبها كل جزء مجمع. والتي تنعكس على ثبات اوقات المهام نظراً لتماثل وتشابه عمليات المعالجة المطلوبة (Rekiek,et. al, 2002:11).

ب) الوقت العشوائي Stochastic Time: قد يظهر التنوع والتباين العالي مابين أوقات المهام للمنتج الواحد، إذ يندمج وقت العملية (التجميع اليدوي والآلي على خط واحد) كما هي الحال في عينة الدراسة لخط الخياطة مع طبيعة المهمة ذاتها وما تحمله من تعقيد. فقد تكون طويلة أو غير قابلة للتجزئة أو قد تتقارب مع مهام اخرى مخصصة على المحطة نفسها (Khan and Day,2002:450).

ج) الوقت الديناميكي Dynamic Time: يرتبط مع الاعمال اليدوية التي تعتمد على كفاءة العنصر البشري وقدرته على الانجاز، فتكرار الاعمال بشكل مستمر يؤدي إلى تحسين مستوى الاداء وارتفاع منحنى التعلم لدى العاملين(Benzer, et. al., 2007:3). إن الأنواع الثلاثة السابقة تحدد طبيعة أوقات المهام التي تؤثر بطريقة او بأخرى في وقت العملية وطولها الزمني، فهي تعتمد بالدرجة الأساس على نوع الخط من حيث التجميع اليدوي أو الآلي. فالتجميع اليدوي والآلي يؤثر في طبيعة أوقات المهام من حيث كونها أوقات ثابتة محددة او عشوائية او ديناميكية، فضلاً عن ارتباطها بنوع الخط سواء كان منفرداً او متعدداً او مزجياً. وهذا التاثير المتبادل مابين تلك الانواع الثلاث الرئيسة من عمليات التجميع (اليدوي والآلي) وأوقات المهام (الثابتة والعشوائية والديناميكية) وأنواع الخطوط (المنفرد والمتعدد والمزجي)، يؤدي الى خلق مخطط علاقات شبكي تفاعلي ما بينها لتمثل مداخلاً لتجميع المنتوجات والتي يصورها الباحث ضمن الشكل (٢).



الشكل (٢)
أنواع أوقات المهام

من اعداد الباحثان بالرجوع الى المصدر

Sources: Khan, Asar, and, Andrew Day,2002, "A Knowledge Based Design Methodology for Manufacturing assembly Lines", Journal Computers & Industrial Engineering, Vol.41, P: 444

٢) اختيار المعدات Equipment Selection : تعاملت معظم الدراسات التي أجريت في موازنة خطوط التجميع بشكل عام وخط التجميع للنموذج المتعدد بشكل خاص، مع الإبعاد الأساسية في اختيار بدائل معدات الانتاج لخط التجميع. فعملية الاختيار تستند الى طبيعة ونوع المهام، فاذا كان نوع وقت المهمة ثابتاً ومحدداً فيمكن تخصيصها على نوع معين من المعدات أو المكائن. وهنا تتحدد عملية الاختيار بنوع واحد من المعدات المطلوبة التي تتلاءم مع طبيعة المنتوج والمهام. أما اذا كانت المهام متعددة ومتنوعة (النموذج المتعدد) فإن طبيعة الاختيار للمعدات تكون صعبة ومعقدة نظراً لتعدد وتنوع المعدات المختارة. وعليه فإن اختيار معدات ذات اغراض عامة أقرب ما يكون للعملية، فضلاً عن إن الحاجة إلى تخطيط الموارد لكل منتج بشكل منفرد تكون مسألة مهمة وضرورية (Rekiek, et. al., 2002:10).

٣) القيود الاضافية Additional Constraints: صممت خطوط التجميع الحديثة لاحتواء متطلبات العملية التجميعية ومتغيراتها، فضلاً عن أمكانية تجاوز قيود ومشكلات عدم الموازنة التقليدية لتتلاءم مع ظروف الواقع الفعلي في بيئة اليوم. فهي تسعى لتقليل أو السيطرة على قيود العملية، من خلال خلق التوافق مابين متطلبات العملية ونوع القيود المفروضة عليها (Bukchin, et. al,2002:412). فقد يظهر مخزون تحت التشغيل مع النموذج المتعدد بشكل واضح، فضلاً عن تعدد أوقات التهيئة والاعداد لكل منتج. وهنا تتطلب الحالة وضع معايير متعددة الاهداف من حيث تحليل عدد محطات العمل ووقت دورة لانتاج وحجم المخزون ومستويات الكلف الكلية والتباين في مستويات الطلب وحجم الدفعات. كما ان ظهور الوقت العاطل والاختناقات وإجراء الجدولة للعمليات واعادة تخصيص وتوزيع المهام فهي من القضايا المهمة في موازنة خط التجميع (Boysen, et. al., 2006:7). ويرى Capaceanu أن موازنة خط التجميع للنموذج المتعدد تعتمد على حجم الدفعة والمدة الفاصلة (مدة التهيئة والإعداد) ما بين المنتوجات المجمعة، فاذا كان حجم الدفعة صغيراً يمكن تطبيق فلسفة النموذج المزجي في موازنة الخط ومعالجة قيوده، أما اذا كان حجم الدفعة كبيراً فإن أجراءات الخط للنموذج المتعدد تكون أكثر نجاحاً لتطبيقها قيود مشكلات الخط التقليدي. **وصف عام لمعمل (٧)**

الأشهر \ الموديلات		موديل ٧٤٠	موديل ٧٥٦	موديل ٧٨٩٤	موديل ٧٦٨٧	موديل ٧٩٩	موديل ٧٧٤	موديل ٧٦٧	موديل ٧٠٠٠٢	موديل ٧٥٧	موديل ٧٠٦	المجموع
١	كمية/زوج	١٧٣	٢٠٧٥									٢٢٤٨
	يوم	٢	١٩									٢١
٢	كمية/زوج			١٧٤٥								١٧٤٥
	يوم			١٦								١٦
٣	كمية/زوج			١٧٩٠	١٨٠	٤٤٤				٤٩٣		٢٩٠٧
	يوم			١٥	١	٣				١		٢٠
٤	كمية/زوج					٢٠٢٢						٢٠٢٢
	يوم					٢٢						٢٢
٥	كمية/زوج					٣٣٨٠						٣٣٨٠
	يوم					٢٠						٢٠
٦	كمية/زوج				١٢٠	٢٦١١		٨٥				٢٨١٦
	يوم				١	١٧		٢				٢٠
٧	كمية/زوج					٣٥٦١					١٠١	٣٦٦٢
	يوم					٢٠					١	٢١
٨	كمية/زوج					٥٥٠	٢١٨٠					٢٧٣٠
	يوم					٤	١٤					١٨
٩	كمية/زوج		١٣٣				١٨٩١					٢٠٢٤
	يوم		١				١٣					١٤
١٠	كمية/زوج					١٩٥	٤٦٤		٩٠٥			١٥٦٤
	يوم					٣	٤		١١			١٨
١١	كمية/زوج								١٩٩٢			١٩٩٢
	يوم								٢٢			٢٢
١٢	كمية/زوج								١١٣٥			١١٣٥
	يوم								١٥			١٥
مجموع الكميات		١٧٣	٢٢٠٨	٣٥٣٥	٣٠٠	١٢٧٦٣	٤٥٣٥	٨٥	٤٠٤٢	٤٩٣	١٠١	
مجموع الأيام		٢	٢٠	٣١	٢	٨٩	٣١	٢	٤٨	١	١	

جدول(١)
عدد الأيام والكميات المتحققة خلال عام (٢٠٠٩)

يعد معمل (٧) نموذجياً قياساً بالمعامل الاخرى داخل الشركة نظراً لما يتمتع به من أمكانيات وطاقات انتاجية مميزة. وهذه الامكانيات جعلتهٌ مؤهلاً للحصول على شهادة الايزو (٩٠٠١) عام (٢٠٠٣) الممنوحة من قبل جهاز التقييس والسيطرة الجودة العراقي التابع لوزارة التخطيط والتعاون الانمائي. يتكون المعمل من ثلاثة خطوط رئيسة وهي (خط الفصال وخط الخياطة وخط الجر او السحب) تتخصص بانتاج وتجميع الاحذية الرجالية بمختلف أنواعها وموديلاتها، وهي مرتبة بشكل معين يتوافق مع مساحة المعمل و ظروف العمل. يقدر وقت العمل الفعلي داخل المعمل بـ (٤٥٠) دقيقة أو (٧) ساعات ونصف يومياً، أما عدد أيام العمل الفعلية خلال الشهر فهي (٢٢) يوماً أو (٥) أيام عمل خلال الاسبوع. يضم المعمل (٨٠) عاملاً يعملون بشكل فعلي موزعين على الخطوط الثلاثة بحسب حاجة كل خط تجميع، تختلف مهارات العاملين في كل خط على وفق مستوى التدريب ومستوى التراكم المعرفي وعدد سنوات الخدمة. وقد تلمس الباحث من خلال المقابلات والمعايشة التي قضاها في المعمل ضعفاً وتلكؤاً في نسب أنجاز الخطة وعدم القدرة على أنجاز كميات الطلب المحددة. ويمكن تعليل السبب في ذلك الى الاسلوب المتبع في العمل وكيفية حساب الراتب من حيث أعتماد الاجر الثابت للعامل، والذي لا يحسب على أساس القطعة او عدد الوحدات المنجزة او نسب انجاز الخطة. كما لاحظ الباحث عملية إن حساب وتحديد أوقات أنجاز المهام او الانشطة للعمليات في خط الفصال والخياطة بالتحديد تحسب لاجل الحوافز فقط، وليس لاغراض دراسة وتحليل واقع العمل او معالجة مشكلات هذه الخطوط، او تحديد اسباب ضعف الاداء من قبل العاملين. ومن خلال البيانات التي حصل عليها الباحث من خلال المعايشة الميدانية لواقع العمل في المعمل

لاحظ مستوى التغيير والتذبذب الواضح في أوقات إنجاز المهام، فضلاً عن أفتقار المعمل لاسلوب علمي وكمي لدراسة وتحديد أسباب التغييرات والتذبذب او الاختناقات وظهور الوقت العاطل اثناء عمليات التجميع. والحقيقة أن أوقات انجاز المهام كانت تأخذ صفة العشوائية نتيجة للتغير والتنوع في أنواع الموديلات المنتجة والتي كانت تظهر بالتحديد وبشكل واضح في خط الخياطة. فضلاً عن ذلك فإن جزءاً من عمليات التجميع المطبقة على خط الخياطة تنجز على وفق طرائق التجميع اليدوي والجزء الاخر يكون آلي (أستخدام المكائن). ومع الشروع بالعمل بالموديل الجديد يرتفع مستوى أداء العاملين على خط الخياطة مقابل أنخفاض أوقات الانجاز في بعض العمليات لهذا الموديل وهو ناتج طبيعي عن أرتفاع منحنى التعلم للعامل، الا انه ليس سبباً كافياً لمعالجة مشكلات ضعف الاداء وانجاز الخطة. وترى ادارة المعمل ضرورة أعادة التفكير باسلوب العمل وتغير بعض العادات والتقاليد المتبعة في حساب الاجر لخلق حافز ودافع اكبر للعاملين تجاه العمل. فضلا عن انها تدعو الى ضرورة اعادة تدريب وتاهيل العاملين باستمرار لمواكبة التطورات وتغيرات البيئة وتحديث اساليب العمل لديهم. وعليه يمكن أن نصف حالة ووضع خط الخياطة بكونهِ حالة تستحق البحث والدراسة، نظراً لما يحملهُ من مشكلات مختلفة ومنها كيفية موازنة الخط ومعالجة الاختناقات والوقت العاطل التي تظهر مع كل موديل جديد، فضلاً عن تداخل وتعقد العمليات مابين الاعمال اليدوية والاعمال الالية وظهور الصفة العشوائية والتذبذب في اوقات المهام وتعدد العمليات مع كل موديل. وهذا التعقيد في حالة الخط اظهر الحاجة لدراسة وتحليل خط الخياطة ومعالجة مشكلات الموازنة لكل موديل. اما عينة الدراسة فقد تم اختيارها من خط الخياطة و تتمثل بسبعة موديلات هي (٧٤٠) و (٧٥٦) و (٧٨٩٤) و (٧٦٨٧) و (٧٩٩) و (٧٧٤) و (٧٦٧) والتي تم أنتاجها فعلاً خلال عام (٢٠٠٩)، وذلك بوصفها الأنسب والأقرب لحالة الدراسة من حيث المدة الزمنية لرسم وتحديد معالم عملية التجميع، فضلاً عن استقرار معدلات الانتاج نوعاً ما قياساً بالسنوات السابقة، وكذلك استقرار الوضع العام للشركة بعد احداث عام ٢٠٠٣. ولغرض توضيح فلسفة النموذج المتعدد لخط الخياطة تم إعداد جدول (١)، الذي يوضح عدد الايام والكميات المتحققة لكل موديل خلال عام (٢٠٠٩).

تحليل بيانات عينة الدراسة

بهدف مقارنة مقاييس الاداء الفعلي مع مقاييس الاداء التي سنتوصل اليها باستخدام المحاكاة، وبالرجوع الى بيانات جدول (١) الذي يوضح عدد الايام والكميات المنتجة فعلاً على خط الخياطة. فقد قام الباحث بحساب مقاييس الأداء الاتية (وقت دورة الانتاج (CT)، وعدد المحطات النظري وعدد المحطات العملي، ونسبة كفاءة الخط (EFF %)، ونسبة الوقت العاطل (IDEL Time)، والانتاج بالساعة (OPH)، والوقت العاطل) لقياس اداء خط الخياطة لعدد من الموديلات . ومن خلال المعايشة الميدانية داخل المعمل تم الحصول على البيانات المطلوبة مثل اوقات المهام والانشطة لكل الموديلات، والتي اعتمد عليها في حساب مقاييس الاداء. والجدول (٢) يوضح مقاييس الاداء الحالية لخط الخياطة لعام ٢٠٠٩ .

جدول(٢)

الوسط الحسابي والانحراف المعياري لمقاييس الاداء الفعلية لعدد من الموديلات

	Models		Actual Q. /Sku(20)	planned Q. /Sku(20)	JC. Min.	CT/Per. (Sku)	CT/Thr. (Sku)	OPH	WSt	EFF	IDL	Idle Time
1		Total	9	20	966	215.950	90	1.153	20	0.928	1.072	481
	740	Average	4.325	10	483	107.975	45	0.577	10	0.464	0.536	240.500
		STD	1.167	0	0	29.128	0	0.156	0	0.125	0.125	55.861
٢		Total	104	175	13433	2459	945	13.833	261	12	7	3275
	756	Average	5.461	9.211	707	129.420	49.737	0.728	14	0.616	0.384	172.37
		STD	1.542	1.194	0	211.458	7.164	0.206	2	0.180	0.180	80.785
3		Total	87	120	7120	1433	960	11.633	112	12	4	1701
	7894	Average	5.453	8	445	89.585	60	0.727	7	0.763	0.237	106.313
		STD	1.45	0	0	30.091	0	0.193	0	0.194	0.194	87.376
4		Total	22	40	2176	364	180	2.960	48	2.236	1.764	792
	799	Average	5.550	10	544	91	45	0.740	12	0.559	0.441	198
		STD	2.121	0	0	34.871	0	0.283	0	0.214	0.214	96.045
5		Total	9	10	441	50	45	1.200	9	0.995	0.005	2
	7687	Average	9.000	10	441	50	45	1.200	2.25	0.249	0.751	0.5
		STD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		Total	4.250	10	552	522.541	180	0.567	6	0.869	1.131	508
	767	Average	2.125	5	276	261.270	90	0.283	3	0.434	0.566	254
		STD	1.308	0	0	160.838	0	0.174	0	0.267	0.267	120.208
7		Total	109	140	5390	1041	630	14.533	112	11.181	2.819	1265
	774	Average	7.786	10	385	74.363	45	1.038	8	0.799	0.201	90.357
		STD	2.717	0	0	58.775	0	0.362	0	0.263	0.263	118.341
8		Total	7	10	707	67.669	45	0.887	9	0.666	0.334	150
	756	Average	6.650	10	0	67.669	45	0.887	2.25	0.167	0.833	37.5
		STD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

نموذج المحاكاة

تم إعداد نموذج المحاكاة الذي يماثل الواقع الفعلي من حيث توافر بيانات عن أداء الخط تحت ظروف عمل عشوائية شبيهه بالواقع الفعلي وذلك لموازنة الخط وتحليل متغيرات كل موديل. أما عملية بناء نموذج المحاكاة فتحتاج الى تطبيق عدد من الخطوات المنهجية الواضحة التي تتحدد بالاتي:

١: تعريف المشكلة

تتمثل المشكلة بالنسبة لخط النموذج المتعدد والمطبق على خط الخياطة في كيفية تحقيق التوازن الفعال لكل خط لتجميع كل موديل، في ظل وجود اختلافات في متطلبات عملية المعالجة لكل موديل يتم تجميعه عن متطلبات الموديل الأخر. من جانب أخر نجد ان عملية الموازنة المطبقة داخل المعمل لا تستند الى أسس علمية وإنما تعتمد على الاجتهاد الشخصي في تغير عدد محطات العمل و العاملين، فضلا عن انخفاض كمية المخرجات وانخفاض الكفاءة وارتفاع نسبة الوقت الضائع والوقت العاطل. ومما يزيد من تعقيد هذه المشكلة خصائص النموذج المتعدد والتي تجعل من موازنة الخط مشكلة صعبة.

٢: جمع البيانات وبناء النموذج

اولاً: جمع البيانات وتحليلها

تم جمع البيانات المطلوبة لموازنة خط التجميع المتعدد الخاص بالموديلات السبع المختارة وهي(٧٤٠ و ٧٥٦ و٧٨٩٤ و٧٦٨٧ و٧٩٩ و٧٧٤ و٧٦٧) والتي انتجت خلال عام (٢٠٠٩). ولغرض توضيح الخطوات والعمليات التي سيتم تطبيقها تم اختيار الموديل الاول من عينة الدراسة والمتمثل بموديل (٧٤٠)، لإجراء وتنفيذ عمليات التحليل واستخراج النتائج كافة ولجميع خطوات نموذج المحاكاة. وستطبق الخطوات والعمليات نفسها على الموديلات الأخرى. وقد تم الحصول على البيانات من سجلات معمل (٧) وقسم تخطيط الموديلات وقسم دراسة الوقت، فضلاً عن البيانات الأخرى التي دونها الباحثان من خلال المعايشة التي قضاها داخل المعمل. ولأجل تشغيل نموذج المحاكاة تم الاستعانة بمجموعة من البيانات والتي تتمثل بالاتي:

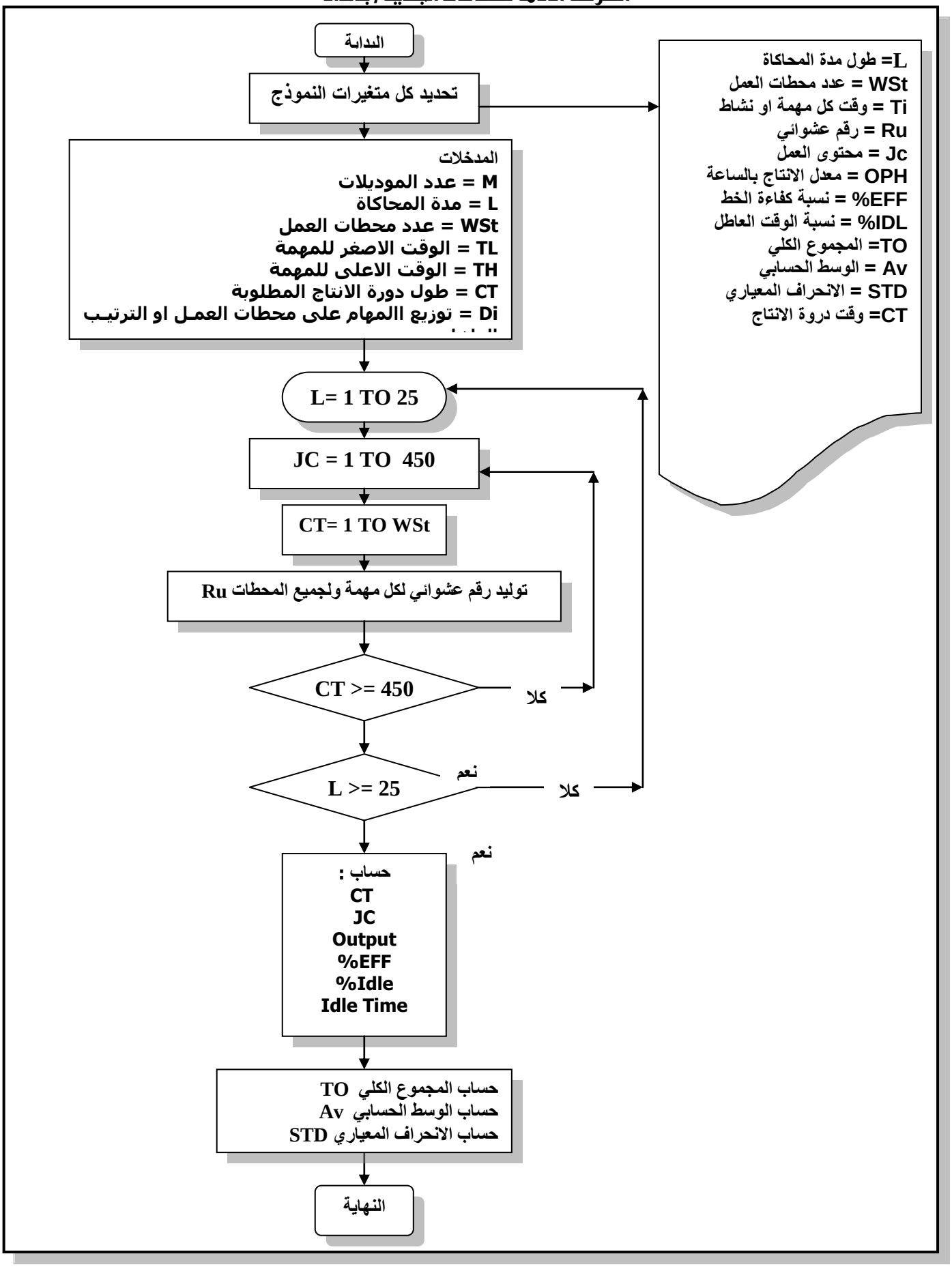
١- المهام الخاصة بكل موديل وعلاقات التتابع .
٢- مخطط العلاقات الخاص بكل موديل .
٣- الحد الأعلى والحد الأدنى ومعدل أوقات المهام تمهيدا لاستخدامها لتوليد أوقات المهام العشوائية بموجب التوزيع المنتظم.

ثانياً: بناء نموذج المحاكاة

ان عملية بناء نموذج محاكاة فعال وكفوء يتطلب تحديد دقيق وواضح لمتغيرات الدراسة التي تعبر عن مدخلات النموذج وعملياته ومخرجاته للوصول الى نتائج تقترب من الواقع الفعلي لموازنة خط التجميع مع كل موديل منتج. والشكل (٣) يوضح الهيكل المنطقي لنموذج محاكاة خط الخياطة.

٣: إعداد نموذج الحاسوب

قام الباحثان بتصميم نموذج المحاكاة باستخدام برمجية (Excel 2003)، واستخدام التوزيع المنتظم لتوليد الارقام العشوائية لاوقات المهام وحساب مقاييس اداء عملية تجميع كل موديل. ومن ثم استخراج النتائج العامة لجميع مقاييس الاداء من حيث (المجموع الكلي والوسط الحسابي والانحراف المعياري)، وكذلك اعداد التقارير لجميع الموديلات التي تمثل عينة الدراسة.


البداية
تحديد كل متغيرات النموذج
L= طول مدة المحاكاة
WSt = عدد محطات العمل
Ti = وقت كل مهمة او نشاط
Ru = رقم عشوائي
Jc = محتوى العمل
OPH = معدل الانتاج بالساعة
%EFF = نسبة كفاءة الخط
%IDL = نسبة الوقت العاطل
TO= المجموع الكلي
Av = الوسط الحسابي
STD = الانحراف المعياري
CT= وقت دروة الانتاج
المدخلات
M = عدد الموديلات
L = مدة المحاكاة
WSt = عدد محطات العمل
TL = الوقت الاصغر للمهمة
TH = الوقت الاعلى للمهمة
CT = طول دورة الانتاج المطلوبة
Di = توزيع االمهام على محطات العمل او الترتيب
L= 1 TO 25
JC = 1 TO 450
CT= 1 TO WSt
توليد رقم عشوائي لكل مهمة ولجميع المحطات Ru
CT >= 450
كلا
L >= 25
نعم
كلا
نعم
حساب :
CT
JC
Output
%EFF
%Idle
Idle Time
حساب المجموع الكلي TO
حساب الوسط الحسابي Av
حساب الانحراف المعياري STD
النهاية

الاعتماد على موديل (٧٤٠) في اجراء التجارب واستخراج النتائج. وفي ضوء ذلك يمكن تحديد آليات تنفيذ تجارب المحاكاة من خلال الخطوات الاتية:

١. تحديد عدد محطات العمل وتوزيع المهام داخل كل محطة على وفق خوارزمية اطول وقت للمهمة في كل موديل وتغذيتها للنموذج .
٢. تشغيل نموذج المحاكاة لكل موديل مختار ضمن عينة الدراسة لمدة (٢٥) يوماً، وهذه المدة ملائمة للحصول على نتائج تساعد على اختبار فرضيات الدراسة.
٣. باستخدام بيانات التوزيع المنتظم ودالة توليد الارقام العشوائية (Rand) في برمجية أكسل، وبتطبيق القاعدة الاتية:-

(الوقت العشوائي للمهمة = الحد الادنى للمهمة + (الحد الاعلى للمهمة – الحد الادنى للمهمة)× الرقم العشوائي)

يتم حساب الوقت العشوائي لكل مهمة تظهر في كل محطة من محطات العمل.

٤. تكرر عملية المحاكاة لمدة (٢٥) يوماً وفي نهايتها يتم حساب الوسط الحسابي والانحرافات المعيارية لجميع المعايير.
٥. اعداد تقارير تفصيلية يومية عن مقاييس الاداء وتقرير اجمالي عن مقاييس الاداء لمدة (٢٥) يوماً.

تم تصميم وتشغيل أربعة عشر سيناريو، سبعة سيناريوهات لمحاكاة خط التجميع المرتب بطريقة الوزن الموقعي المرجح لجميع الموديلات، وسبعة سيناريوهات أخرى لمحاكاة خط التجميع المرتب بطريقة كومسوال لجميع الموديلات. والجدول (٣) يوضح تقريراً يومياً تفصيلياً عن مقاييس الاداء لخط تجميع موديل (٧٤٠). اما الجدول(٤) فانه يقدم التقرير الاجمالي عن مقاييس الاداء لمدة المحاكاة باكملها. وفيما يأتي يوضح الباحث عناصر جدول (٣).

- الحقل الاول: يمثل عدد دورات العمل العشوائية التي أجريت خلال (٤٥٠) دقيق (يوم عمل) لكل محطات العمل.
- الحقل الثاني: يشير الى وقت دورة الانتاج وقد تم تحديدها من خلال جمع اوقات المهام في كل محطة، واختيار اطول وقت مهام من بين المحطات
- الحقل الثالث: وهو عبارة عن عداد يقوم بحساب مجموع وقت العمل اليومي، وعادة يبدأ بالرقم (٠) ثم يتراكم المجموع مع عدد السحبات لوقت دورة الانتاج العشوائي. وتتوقف عملية المحاكاة عندما يصل عداد الدقائق الى أكبر من او يساوي (٤٥٠) دقيقة وهو الوقت المتاح للعمل اليومي.
- الحقل الرابع: هو مؤشر لتحديد الحد الاعلى المسموح به لمجموع الاوقات على وفق صيغة شرطية تتحكم بمجموع الاوقات التي يجب أن لا تتجاوز (٤٥٠)، وهذا الوقت يمثل الوقت الفعلي المطبق داخل المعمل.
- الحقل الخامس: يمثل محتوى العمل (JC) وهو عبارة عن مجموع أوقات المهام والانشطة للموديل.
- الحقل السادس: يوضح معدل الانتاج بالساعة (OPH) وآلية تنفيذ هذه الخطوة تعتمد على المعادلة الاتية ((CT/60)=) ويحسب على اساس وحدة الخزن القياسية (SKU).
- الحقل السابع: يمثل نسبة كفاءة الخط المتحققة وتحسب من خلال المعادلة (JC /((CT)(13)، و الرقم (١٣) يمثل عدد محطات العمل .
- الحقل الثامن: يحدد نسبة الوقت العاطل وينفذ بتطبيق المعادلة (1-EFF%=)، اما(EFF%) فتشير الى نسبة كفاءة الخط

- الحقل التاسع: يمثل الوقت العاطل ويحسب من خلال حاصل معدل نسبة الوقت العاطل في اخر وقت متحقق وكالاتي (٠.٦٣٣ × ٤٦٩ = ٢٩٧ دقيقة).
- لقد تم تحديد عدد محطات العمل والبالغ (١٣) محطة بحسب خوارزمية أطول وقت للمهام والتي على أساسها تم إجراء جميع العمليات الحسابية المطلوبة لموازنة الخط.

جدول (3)
تقرير النتائج الاولي لموديل (٧٤٠)

Run	CT	Time	Control	JC	OPH	EFF	IDL	Idle Time/(Min.)
1	52	0	Continue	247	1.154	0.365	0.635	
2	51	52	Continue	251	1.176	0.379	0.621	
3	54	103	Continue	247	1.111	0.352	0.648	
4	54	157	Continue	261	1.111	0.372	0.628	
5	51	211	Continue	241	1.176	0.363	0.637	
6	54	262	Continue	249	1.111	0.355	0.645	
7	50	316	Continue	244	1.200	0.375	0.625	
8	50	366	Continue	243	1.200	0.374	0.626	
9	53	416	Continue	245	1.132	0.356	0.644	
10	52	469	Stop	258	1.154	0.382	0.618	
Total	521			2486	11.526	3.672	6.328	
Average	52			249	1.153	0.367	0.633	29٣
STD	2			6	0.035	0.011	0.011	

اما الجدول (٤) يقدم ملخص العمليات التي اجريت خلال (٢٥) يوماً، فقد تم حساب (المجموع الكلي والوسط الحسابي والانحراف المعياري).

جدول (٤)
ملخص العمليات التي أجريت خلال (٢٥) يوماً عمل لموديل (٧٤٠)

Day		CT	JC	OPH	%EFF	%IDL	Idle Time
TOTAL		517	2479	11.622	3.692	6.308	
Average		52	248	1.162	0.369	0.631	294
STD		2	7	0.047	0.014	0.014	0.203

٥: تقييم النتائج

لغرض التحقق من قابلية النموذج وقدرته على تمثيل ومحاكاة الواقع الفعلي لعينة الدراسة سيتم تفسير درجة مصداقية النموذج الخارجية والداخلية وتحليلها.

- المصداقية الخارجية External Validity

تشير المصداقية الخارجية الى قدرة نموذج المحاكاة في تمثيل الواقع العملي لخط التجميع المتعدد. فالنموذج قادر على محاكاة أوقات المهام العشوائية باستخدام معلمات التوزيع المنتظم فضلاً عن الافتراضات التي يستند اليها النموذج مما يؤيد المصداقية الخارجية للنموذج ويجعل نتائج المحاكاة قريبة جداً من الواقع.

- المصداقية الداخلية Internal Validity

تشير المصداقية الداخلية الى قدرة منطق نموذج المحاكاة والعمليات التي ينفذها من تقديم النتائج التي صمم نموذج المحاكاة من اجلها. فآليات تنفيذ نموذج المحاكاة وتوزيع المهام على المحطات واوقات المحطات وتقرير النتائج الاولي لموديل (٧٤٠) (جدول (٣)) وملخص عمليات المحاكاة لموديل (٧٤٠) (جدول (٤))، والتي تم حسابها جميعاً ببرمجية اكسل تمثل أدلة واضحة على قيام نموذج المحاكاة بتقديم النتائج المطلوبة وذلك يثبت المصداقية الداخلية للنموذج.

٦: نتائج عملية المحاكاة : يقدم نموذج المحاكاة المطبق مجموعة من النتائج المتمثلة بما يأتي:

- استخراج نتائج المحاكاة الاولية التي تمثل يوم عمل واحد (جدول (٣)).
- حساب مقاييس الاداء في نهاية كل يوم عمل لغاية (٢٥) يوماً (انظر الحقول الثلاثة الاخيرة من (جدول ٣)).
- يعاد تكراره نتائج المحاكاة لـ (٢٥) مرة كما يظهر في (الجدول(٣)).
- تقديم ملخص عملية المحاكاة المطبقة على كل موديل من موديلات عينة الدراسة كما في (الجدول ٤)).
- اجراء الحسابات الكلية لملخص عملية المحاكاة من حيث(الوسط الحساب الكلي و مربع الانحرافات الكلي والانحراف المعياري الكلي) كما يظهر في الصفوف الثلاثة الاخيرة من (جدول (٤)) .

محاكاة خط الخياطة على وفق خوارزميتي الاوزان الموقعية المرجحة وكومسوال

سيتم تخصيص المهام على محطات العمل ولجميع الموديلات بأستخدام خوارزمية الوزن الموقعي المرجح (Ranked Positional Weight Algorithms) وخوارزمية كومسوال (COMSOAL Algorithms)، ثم محاكاة خط التجميع باستخدام المدخلات التي أشرنا اليها في المبحث السابق شكل (٣) للحصول على المخرجات اللازمة لمقارنة الاداء بين مقاييس الاداء الفعلية ومقاييس الاداء المحسوبة بتطبيق هاتين الخوارزميتين ولكل موديل على أنفراد. وسيقتصر عرض النتائج التفصيلية على موديل (٧٤٠) لكل خوارزمية اما بقية الموديلات فسنكتفي بعرض مقاييس الاداء النهائية الخاصة.

اولاً: تخصيص المهام بأستخدام خوارزمية الوزن الموقعي المرجح

يفترض بخوارزمية الاوزان الموقعية ايجاد التخصيص الامثل للمهام الخاصة بكل موديل ومنها موديل (٧٤٠). يمكن ان نحدد عدد المهام ووقت دورة الانتاج والتي تبلغ (٥١) دقيقة، وهو اطول وقت ممكن للمهام الخاصة بموديل (٧٤٠). وتعتمد هذه الخوارزمية على عدد من الخطوات التي يتم من خلالها موازنة الخط بأقل وقت عاطل واعلى كفاءة ممكنة وكالاتي:

الخطوة الاولى : اعداد مصفوفة العلاقات للمهام والانشطة لتوضيح نوع العلاقة لكل مهمة او نشاط مع المهام او الانشطة الاخرى وكما موضح في جدول (٥) إذ إن:

١. الاشارة السالبة (-) تشير الى المهام التي تعقب وبشكل مباشر المهام الاخرى.
٢. الاشارة (+) تشير الى المهام التي تعقب بصورة غير مباشرة مهمة معينة.
٣. الرقم (٠) يوضح عدم وجود علاقات مابين المهام.

والجدول (٥) يعرض نتائج المصفوفة الاولى الخاصة بموديل ٧٤٠.

المهمة او النشاط	الوقت القياسي للانجاز / دقيقة	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	الوزن الموقعي
A	٢٧	٠	٠	٠	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	٤٥٧
B	١٤		٠	-	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	+	+	+	+	+	٢٠٥
C	١٢			٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	-	+	+	+	+	+	+	١٩١
D	٩				٠	-	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	٨٧
E	٧					٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	-	+	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	٧٨
F	١٨						٠	-	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	+	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	٨٨
G	٧							٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	-	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	٧٠
H	٣٠								٠	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	٣٨٢
I	٣٧									٠	٠	-	+	+	+	+	٠	+	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	١٧١
J	٥١										٠	-	+	+	+	+	٠	+	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	١٨٥
K	٢٦											٠	-	+	+	+	٠	+	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	١٣٤
L	٣٠												٠	-	+	+	٠	+	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	١٠٨
M	٧													٠	-	+	٠	+	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	٧٨
N	٨														٠	-	٠	-	٠	٠	٠	٠	٠	+	+	٧١
O	٨															٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	-	+	٦٣
P	١٣																٠	-	+	+	+	+	+	+	+	١٩٢
Q	٢٢																	٠	-	+	+	+	+	+	+	١٧٩
R	٢٧																		٠	-	+	+	+	+	+	١٥٧
S	٢٥																			٠	-	+	+	+	+	١٣٠
T	١٥																				٠	-	+	+	+	١٠٥
U	٣٥																					٠	-	+	+	٩٠
V	٣٥																						٠	-	-	٥٥
W	٢٠																							٠	+	٢٠

الخطوة الثانية: حساب مجموع الاوزان الموقعي لكل مهمة كما يظهر ضمن الحقل الاخير من جهة اليسار في جدول(٥). وعملية حساب الاوزان تتمثل بجمع الوقت القياسي اللازم لانجاز المهمة مع الاوقات

القياسية لجميع المهام التي ترتبط معهُ بعلاقة مباشرة او غير مباشرة. فعند حساب الوزن الموقعي للمهمة (A) نتبع الاتي:

الوقت القياسي لانجاز المهمة (A)+ مجموع اوقات المهام المتبقية ذات العلاقة مع المهمة (A) وكالاتي:

=(W+V+U+T+S+R+Q+P+O+N+M+L+K+J+I+H+G+F+E+D+A)

٤٥٧ دقيقة

وتكرر عملية حساب الاوزان بالطريقة نفسها للمهام المتبقية جميعها والتي ترتبط فيما بينها بعلاقات مباشرة اوغير مباشرة وكما يظهر على يسار المصفوفة.

الخطوة الثالثة: توزيع المهام على محطات العمل وبحسب مجموع الاوزان الموقعية المتحققة دون أهمال قيود الاسبقية ووقت دورة الانتاج وكما يظهر في جدول(٦).

جدول(٦)

تخصيص المهام الخاصة بموديل(٧٤٠) على محطات العمل على وفق خوارزمية الاوزان الموقعية

محطات العمل	المهمة	الوزن الموقعي	المهمة السابقة مباشرة	وقت المهمة	الوقت المتراكم للمهام	الوقت المتبقي في كل محطة عمل/ دقيقة
١	A	٤٥٧	-	٢٧	٢٧	١=٥٠-٥١
	B	٢٠٥	-	١٤	٤١	
	D	٨٧	A	٩	٥٠	
٢	H	٣٨٢	A	٣٠	٣٠	١=٥٠-٥١
	P	١٩٢	H	١٣	٤٣	
	E	٧٨	D	٧	٥٠	
٣	C	١٩١	B	١٢	١٢	١٧=٣٤-٥١
	Q	١٧٩	C,P	٢٢	٣٤	
٤	J	١٨٥	H	٥١	٥١	٠
٥	I	١٧١	H	٣٧	٣٧	١٤
٦	K	١٣٤	I,J	٢٦	٢٦	٠
	F	٨٨	A	١٨	٤٤	
	G	٧٠	F	٧	٥١	
٧	R	١٥٧	Q	٢٧	٢٧	٢٤
٨	L	١٠٨	K	٣٠	٣٠	٦
	M	٧٨	L	٧	٣٧	
	N	٧١	M	٨	٤٥	
٩	S	١٣٠	R	٢٥	٢٥	١١
	T	١٠٥	S	١٥	٤٠	
١٠	U	٩٠	G,N	٣٥	٣٥	٨
	O	٦٣	O	٨	٤٣	
١١	V	٥٥	O	٣٥	٣٥	١٦
١٢	W	٢٠	V	٢٠	٢٠	٣١

الخطوة الرابعة : محاكاة موديل ٧٤٠

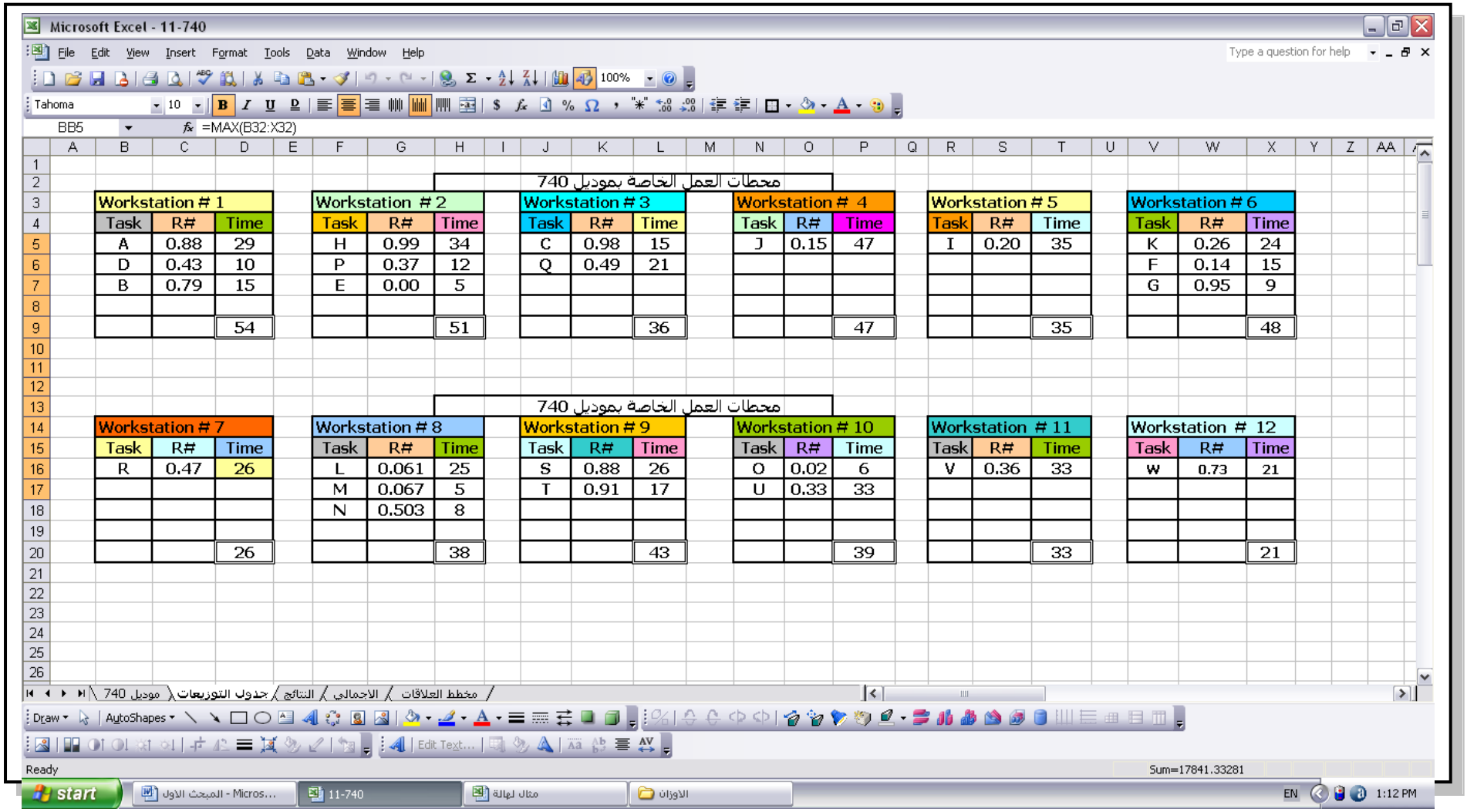
بأعتماد نتائج التوزيع من جدول (٦) وبأتباع خطوات المحاكاة المحددة سابقاً ، فقد تم محاكاة خط التجميع لموديل (٧٤٠). وبهدف التوضيح، فقط، فإن الشكل (٤) يعرض كيفية توزيع المهام على محطات العمل ومحاكاة أوقات المهام مرة واحدة (One Iteration). و الجدول (٧) يعرض تقرير النتائج الاولية لموديل (٧٤٠) والذي يمثل تجربة يوم واحد من اصل (٢٥) تجربة.

جدول(٧)
تقرير النتائج الأولي لموديل (٧٤٠)

Run Iteration	CT	Time	Control	JC	OPH	EFF	IDL	Idle Time/Min.
1	54	0	Continue	273	1.111	0.389	0.611	
2	55	54	Continue	262	1.091	0.366	0.634	
3	53	109	Continue	262	1.132	0.380	0.620	
4	53	162	Continue	257	1.132	0.373	0.627	
5	51	215	Continue	268	1.176	0.404	0.596	
6	51	266	Continue	262	1.176	0.395	0.605	
7	55	317	Continue	264	1.091	0.369	0.631	
8	49	372	Continue	245	1.224	0.385	0.615	
9	55	421	Continue	268	1.091	0.375	0.625	
10	53	476	Stop	269	1.132	0.390	0.610	
Total	529			2630	11.357	3.827	6.173	
Average	53			263	1.136	0.383	0.617	294
STD	2			8	0.045	0.012	0.012	

في ضوء ما تحقق عن نتائج التقارير الاولية يتم إعداد جدول ملخص بالعمليات التي أجريت خلال(٢٥) يوماً عمل كما هي الحال في جدول(٤). اما ضمن مجال هذه الخوارزمية سيتم عرض نتائج العمليات النهائية للجدول والتي تتمثل بالصفوف الثلاثة الاخيرة منهُ كما يظهر في جدول(٨) الذي يوضح مقاييس الاداء الناتجة عن محاكاة خط التجميع لموديل (٧٤٠) لمدة (٢٥) يوماً.

موازنة خط التجميع المتعدد باستخدام خوارزميتي الاوزان الموقعية المرجحة وكومسوال دراسة حالة لخط الخياطة في معمل (٧) الشركة العامة للصناعات الجلدية/ بغداد



جدول(٨)

مقاييس الاداء لمحاكاة خط تجميع موديل ٧٤٠

	CT	JC	OPH	EFF	IDL	Idle Time
TOTAL	526	2653	11.430	3.884	6.115	6952
Average	53	265	1.143	0.388	0.612	278
STD	2.22	6.74	0.049	0.012	0.012	3

وبالطريقة نفسها تم تطبيق الخطوات الاربع السابقة على الموديلات جميعها . وكما يظهر في نتائج الجدول(٩).

جدول(٩)

مقاييس أداء محاكاة الموديلات جميعها على وفق خوارزمية الوزن ألموقعي المرجح

Models		CT	JC	OPH	EFF	IDL	Idle Time/Min.
	TOTAL	526	2653	11.430	3.884	6.115	6952
740	Average	53	265	1.143	0.388	0.612	278
	STD	2.22	6.74	0.049	0.012	0.012	3
	TOTAL	553	4106	3.908	4.953	1.047	2008
756	Average	92	684	0.651	0.825	0.175	80
	STD	1.564	8.149	0.011	0.014	0.014	16
	TOTAL	560	3861	8.686	7.761	1.239	1716
7894	Average	62	429	0.965	0.862	0.138	69
	STD	1.963	7.706	0.030	0.026	0.026	6
	TOTAL	597	2939	4.923	5.742	1.258	2301
7687	Average	85	420	0.703	0.820	0.180	92
	STD	1.686	7.041	0.014	0.017	0.017	18
	TOTAL	518	4818	9.401	7.624	1.376	1759
799	Average	58	535	1.045	0.847	0.153	70
	STD	2.442	11.100	0.044	0.033	0.033	13
	TOTAL	543	3758	11.070	7.700	2.300	2812
774	Average	54	376	1.107	0.770	0.230	112
	STD	2.115	8.554	0.044	0.026	0.026	6
	TOTAL	540	2953	13.475	7.532	3.468	3869
767	Average	49	268	1.225	0.685	0.315	155
	STD	1.793	7.185	0.044	0.022	0.022	4

ثانياً: تخصيص المهام بأستخدام خوارزمية كومسوال

الخطوة الأولى

يتم تحضير قائمة أولية يطلق عليها (A) تتكون من ثلاثة حقول، يتضمن الحقل الاول (من جهة اليمين) جميع المهام الخاصة بالمنتوج والحقل الثاني يحدد المهام التي تعقب وبشكل مباشر المهام المحددة في الحقل الاول، أما الحقل الأخير فيبين عدد المهام التي تسبق كل مهمة محددة في الحقل الاول. كما يظهر في الجدول (١٠).

جدول(١٠)
القائمة (A) الخاصة بموديل (٧٤٠)

المهام	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
المهام التي تعقبها مباشرة	F D H	C	Q	E	N	G	O	I J P	K	K	J	L	M	N	O	V	Q	R	S	T	U	V	W	-
عدد المهام التي تسبقها مباشرة	٠	٠	١	١	١	١	١	١	١	١	١	٢	١	١	٢	٢	١	٢	١	١	١	١	٢	١

الخطوة الثانية

تحديد المهام التي لا تسبقها أية مهمة في الانجاز من القائمة (A) وتوضع في قائمة منفردة يطلق عليها قائمة (B) وكما يظهر في الجدول (١١). ويتم نقل المهام المختارة الى قائمة جديدة يطلق عليها قائمة (C) وعلى اساس أن هذه المهام لا يتجاوز وقت انجازها وقت دورة الانتاج. وبما أن وقت دورة الانتاج لموديل ٧٤٠ هو (٥١) ووقت المهمة (A=٢٧) والمهمة (B =١٤) فيتم نقلهما الى القائمة (C).

جدول(11)
القائمة (B) الخاصة بموديل (٧٤٠)

المرحلة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
المهام	A,B	C,D,F,H	E,G,I,J,P	K,Q	L,R	M,S	N,T	O,U	V	W
أوقات المهام	27,14	12,9,18,30	7,7,37,51,13	26,22	30,27	7,25	8,15	8,35	35	٢٠

الخطوة الثالثة

تخصيص المهام الموجودة في القائمة (C) لمحطة العمل الأولى وبشكل عشوائي من بين جميع المهام الموجودة ضمن القائمة. وبما ان المهمتين (B,A) لم يتجاوز وقتهما وقت دورة الانتاج ولا يوجد غيرهما فيتم تخصيصهما للمحطة الأولى كما يظهر في الجدول (١٢) .

الخطوة الرابعة

تحذف المهمتان (B,A) من القائمتين (C,B) ونقوم بتحديث القائمة (A) وتقديم المهام التي تعقب المهمتين (B,A) بطرح العدد(١) من عدد المهام التي تعقب المهمتين.

الخطوة الخامسة

تحديث القائمة (B) وترشيح المهام الموجودة في القائمة(A) جميعها والتي لاتسبقها أية مهمة، وتكون المهام المرشحة هي (C,D.F,H) ويمكن الرجوع الى نتائج هذه الخطوة ضمن جدول (١١) المرحلة الثانية.

الخطوة السادسة

نقل تلك المهام المرشحة الى القائمة (C) ويتم اختيار المهام التي تتلاءم مع الوقت المتبقي في المحطة الاولى، وعليه تعين المهمة (D) للمحطة الاولى ليصبح وقتها(٥٠) دقيقة وكما يظهر في الجدول(١٢). اما المهام المتبقية فتخصص للمحطة الثانية مع مراعاة وقت دورة الانتاج في كل عملية تخصيص. وتكرر الخطوات السابقة للمهام جميعها حتى يتم تخصيصها بشكل كلي على محطات العمل جميعها. ويتم تكرار هذه الخطوات في استخراج النتائج للموديلات الاخرى جميعها في عينة الدراسة.

جدول (١٢)

القائمة (C) الخاصة بموديل (٧٤٠)

المهام	A,B,D	H,C	J	I,P	E,F,K	G,L,M	Q,R	S,N,T	O,U	V	W
أوقات المهام	27,14,9	30,12	51	37,13	7,18,26	7,30,7	22,27	25,8,15	8,35	٣٥	٢٠
المجموع	٥٠	٤٢	٥١	٥٠	٥١	٤٤	٤٩	٤٨	٤٣	٣٥	٢٠
المحطات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١

باعتماد نتائج توزيع المهام على محطات العمل من جدول (١٢) وبأتباع خطوات المحاكاة فقد تم محاكاة خط تجميع موديل (٧٤٠). وبالطريقة ذاتها أجريت محاكاة خطوط تجميع بقية الموديلات . والجدول(١٣) يوضح مقاييس اداء خطوط تجميع الموديلات.

جدول (١٣)

مقاييس أداء محاكاة الموديلات جميعها على وفق خوارزمية كومسوال

Models		CT	JC	OPH	EFF	IDL	Idle Time/Min.
	TOTAL	526	2805	11.4148	4.10316	5.89684	7003
740	Average	53	281	1.141	0.410	0.590	280
	STD	1.670	7.610	0.037	0.013	0.013	6
	TOTAL	551	4171	3.918	5.044	0.956	1831
756	Average	92	695	0.653	0.841	0.159	73
	STD	1.506	8.752	0.011	0.015	0.015	15
	TOTAL	561	3744	8.667	7.509	1.491	2068
7894	Average	62	416	0.963	0.834	0.166	83
	STD	1.929	7.983	0.030	0.024	0.024	5
	TOTAL	593	3002	4.957	5.905	1.095	1990
7687	Average	85	429	0.708	0.844	0.156	80
	STD	1.658	7.522	0.014	0.016	0.016	15
	TOTAL	550	3693	10.939	6.118	3.882	4802
799	Average	55	369	1.094	0.612	0.388	192
	STD	2.407	8.103	0.047	0.023	0.023	5
	TOTAL	545	3774	11.025	7.703	2.297	2816
774	Average	55	377	1.102	0.770	0.230	113
	STD	2.101	8.574	0.043	0.029	0.029	4
	TOTAL	538	2957	13.512	7.563	3.437	3823
767	Average	49	269	1.228	0.688	0.312	153
	STD	1.807	6.643	0.045	0.021	0.021	4

ومن خلال النتائج المتحققة عن تخصيص أوقات المهام لجميع الموديلات على وفق خوارزمية الأوزان وكومسوال ومحاكاة كل واحدة منها. يمكن إجراء المقارنة مابين مقاييس الاداء(عدد المحطات، وقت دورة الانتاج، كفاءة الخط، والوقت العاطل)، والتي تظهر الاختلافات والتفاوت مابين تلك النتائج وكما يظهر في جدول (١٤).

جدول(١٤)
مقارنة مقاييس الاداء للخوارزميات الثلاثة

	خوارزمية الأوزان الموقعية				خوارزمية كومسوال			
	عدد المحطات	دورة الانتاج	الكفاءة	الوقت العاطل	عدد المحطات	دورة الانتاج	الكفاءة	الوقت العاطل
٧٤٠	١٢	٥٣	٠.٣٨٨	٠.٦١٢	١١	53	0.410	0.590
٧٥٦	٩	٩٢	٠.٨٢٥	٠.١٧٥	٩	92	0.841	0.159
٧٨٩٤	٨	٦٢	٠.٨٦٢	٠.١٣٨	٨	62	0.834	0.166
٧٦٨٧	٦	٨٥	٠.٨٢٠	٠.١٨٠	٦	85	0.844	0.156
٧٩٩	١١	٥٨	٠.٨٤٧	٠.١٥٣	١١	55	0.612	0.388
٧٧٤	٩	٥٤	٠.٧٧٠	٠.٢٣٠	٩	55	0.770	0.230
٧٦٧	٨	٤٩	٠.٦٨٥	٠.٣١٥	٨	49	0.688	0.312

اختبار الفرضيات

لاختبار فرضيات الدراسة سيقوم الباحث باستخدام البيانات الواردة في الجداول (٩) و(١٣) و (١٤) والقاعدتين الآتيتين لحساب قيمة (t).

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \quad \ldots\ldots(1-5)$$

إذ إن:

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{n_1 s_1^{\,2} + n_2 s_2^{\,2}}{n_1 + n_2 - 2}} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} \quad \ldots\ldots(2-5)$$

$\bar{x}_1$ = الوســـط الحســـابي لأي مقياس من مقاييس الاداء الفعلي

$\bar{x}_2$ = الوسط الحسابي لأي مقياس من مقاييس الاداء الناتجة عن تطبيق إحدى الخوارزميتين

n_1 = عدد أيام الإنتاج الفعلية

n_2 = عدد أيام المحاكاة

$s_1^{\,2}$ = التباين لأي مقياس من مقاييس الاداء الفعلي

$s_2^{\,2}$ = التباين لأي مقياس من مقاييس الاداء الناتجة عن تطبيق إحدى الخوارزميتين

$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ = الخطأ المعياري بين الوسطين الحسابيين

اختبار الفرضية الاولى

نقوم بعملية حساب قيمة (t) لاختبار معنوية الاختلاف لوقت دورة الانتاج لموديل (٧٨٩٤).

أولا :– نحسب قيمة الخطأ المعياري بالمعادلة (٥-٢) كما يأتي:-

$$\widehat{\sigma}_{\bar{x}_1-\bar{x}_2} = \sqrt{\frac{(31)(31)^2+(25)(1.96)^2}{31+25-2}}\sqrt{\frac{31+25}{(31)(25)}} = 6.32$$

ثانياً :– نحسب قيمة t بالقاعدة (٥-١) وكالآتي:-

$$t = \frac{87-62}{6.32} = -3.95$$

ثالثاً :– بإستخدام (٥٤) درجة حرية وقيمة حرجة (α= ٠.٠٥) واختبار جانبين فأن قيمة (t) الجدولية من الجداول الاحصائية تبلغ(±٢.٠٠) تقريباً وبما أن (-٣.٩٥> -٢.٠٠) فنستنتج أن الاختلاف بين المقياسين معنوي. وبالطريقة نفسها أجريت جميع الاختبارات لجميع المقاييس والموديلات التي تظهر في الملاحق جداول(١٥) الى (١٨). ويظهر من هذه الجداول أن غالبية الاختبارات كانت معنوية وهذا ما يثبت صحة الفرضية الاولى.

اختبار الفرضية الثانية

بأتباع اجراءات اختبار الفرضية الاولى نفسها فإن الجداول (١٩) الى (٢٣) توضح نتائج اختبارات المعنوية. ويظهر من هذه الجداول أن غالبية الاختبارات كانت معنوية وهذا ما يثبت صحة الفرضية الثانية.

اختبار الفرضية الثالثة

إن الغرض من هذه الفرضية هو للوقوف على معنوية الاختلاف بين مقاييس أداء الخوارزميتين وأية واحدة منهما تؤدي الى تحسين مقاييس الاداء.

باتباع اجراءات اختبار الفرضية الأولى فإن الجداول (٢٤) الى (٢٨) توضح نتائج اختبارات المعنوية. ويظهر من جدول (٢٤) عدم وجود اختلافات معنوية في وقت دورة الانتاج بين الخوارزميتين وللموديلات جميعها بأستثناء موديل (٧٩٩). أما جدول (٢٥) فيوضح أن هناك اختلافاً معنوياً بنسبة الوقت العاطل المتولد من خوارزمية الوزن الموقعي المرجح مقارنة بخوارزمية كومسوال وترجيح خوارزمية الوزن الموقعي المرجح على خوارزمية كومسوال لاربعة موديلات من بين سبعة. ويظهر من جدول (٢٦) وجود اختلافات معنوية بمقياس نسبة الكفاءة لمعظم الموديلات مع تفوق خوارزمية كومسوال على خوارزمية الوزن المرجح بالنسبة لهذا المقياس. ويتضح من جدول (٢٧) أن غالبية الاختبارات كانت غير معنوية بين الخوارزميتين بالنسبة لمقياس معدل الوقت الضائع باليوم بأستثناء موديلات (٧٨٩٤ و ٧٩٩ و٧٦٨٧). واخيرا يظهر من جدول (٢٨) أن جميع الاختبارات كانت غير معنوية بين الخوارزميتين بالنسبة لمقياس معدل الانتاج بالساعة بأستثناء موديل (٧٩٩). وبما ان هناك (١٥) اختباراً من بين (٣٥) اختباراً كانت معنوية فيمكن الاستدلال على أن الفرضية الثالثة قد أثبتت صحتها جزئياً، اي ان بعض المقاييس لبعض الموديلات قد اختلفت اختلافاً معنوياً من خلال تطبيق الخوارزميتين لترتيب خط الخياطة.

الاستنتاجات والتوصيات

اولا: الاستنتاجات:

١. أثبت نموذج المحاكاة المصمم على خط النموذج المتعدد والمتمثل بخط الخياطة في معمل (٧) قدرته على محاكاة الواقع الفعلي واستخراج النتائج المطلوبة، على الرغم من تعدد واختلاف عمليات الخط فهو يتميز بقدرته على احتواء معلمات النموذج كافة والمرونة العالية في معالجة مشكلات عدم توازن الخط في ظل ظروف عمل عشوائية تمثلت بعشوائية أوقات المهام.
٢. أثبت النموذج قدرته على التعامل مع ظروف عينة الدراسة في ظل مقاييس أداء مختلفة جعلت منهُ أداة فعالة للبحث والدراسة بما قدمته من مخرجات تمثلت بنتائج التقارير اليومية والعامة التي تمكن الادارة من متابعة حالات التوازن الممكنة لخط الخياطة.
٣. غياب الاسلوب العلمي في توازن خط الخياطة جعل من عملية متابعة الخط وتحليل مكوناته شبه ضبابية، والذي يتمثل بعدم وضوح عدد محطات العمل او حجم مخرجات كل محطة والوقت الذي تستغرقهُ كل محطة في انجاز العملية او تحديد اوقات التهيئة والاعداد لكل دفعة بشكل واضح ودقيق. وان موازنة الخط في أحسن الاحوال تخضع لافتراضات شخصية بسيطة لاتتلاءم مع طبيعة عمل خط التجميع المتعدد.
٤. ضعف الاسلوب المطبق في تثبيت وتوثيق البيانات والمعلومات لخطوط المعمل ككل وخط الخياطة بالتحديد من حيث (حجم المخرجات لكل دفعة وعدد وجبات العمل على الخط وماهي اسباب تاخير عملية التجميع على الخط ووقت دورة الخط ككل).
٥. لوحظ من نماذج دراسة الوقت الموثقة حول عينة الدراسة التي تعتمدها الشركة في تحليل ودراسة الوقت داخل معاملها، بانها لم تنظم بالطريقة او الاسلوب العلمي الذي يستند الى تتابع وتعاقب حركة أجزاء المنتوج مابين العمليات المختلفة(التجميع الآلي واليدوي). فضلاً عن ذلك فان متابعة اوقات الانجاز كانت تجرى بشكل يومي لخط الخياطة، الا انه لايتم الاحتفاظ بها او الاعتماد عليها لتحسين ومعالجة مشكلات الخط وتحديد اسباب تاخير الانجاز وانما تستخدم لاغراض حساب حوافز العاملين.

الاستنتاجات الخاصة بعملية اختبار الفرضيات وتحليلها

- أظهرت نتائج اختبار الفرضية الاولى وجود أختلافات ذات دلالة معنوية بين معظم مقاييس الاداء المطبقة مابين الواقع الفعلي وخوارزمية الاوزان الموقعية وكالاتي:-
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل وقت دورة الانتاج باستخدام المحاكاة ومعدل وقت دورة الانتاج العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل(٧٩٩،٧٥٦).
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل المخرجات بالساعة باستخدام المحاكاة ومعدل المخرجات بالساعة العملي لعينة الدراسة
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل (نسبة الوقت العاطل ونسبة كفاءة الخط و الوقت الضائع) باستخدام المحاكاة ومعدل (نسبة الوقت العاطل ونسبة كفاءة الخط والوقت الضائع) العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٦٨٧، ٧٧٤).

تضع النتائج المتحققة عن عملية الاختبار الادارة أمام عدد من الخيارات في تحديد وأختيار المقياس الانسب، فاذا كان هدف الادارة زيادة معدل مخرجاتها فإن تطبيق خوارزمية الاوزان يكون اكثر فاعلية في تحقيق الهدف. إما إذا كانت تهدف الى تطبيق المقاييس الاخرى فان عملية المفاضلة تعتمد على النتائج التي اثبتت معنوية تطبيق هذه الخوارزمية لمعظم الموديلات بأستثناء موديل (٧٦٨٧، ٧٧٤)، وهذه المشكلة يمكن معالجتها باعادة تخصيص المهام لهذين الموديلين بطرائق أخرى.

- أظهرت نتائج اختبار الفرضية الثانية وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معظم مقاييس الاداء المطبقة مابين الواقع الفعلي وخوارزمية كومسوال وكالاتي:
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل وقت دورة الانتاج باستخدام المحاكاة ومعدل وقت دورة الانتاج العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٥٦، ٧٩٩).
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل الانتاج بالساعة باستخدام المحاكاة ومعدل الانتاج بالساعة العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٩٩).
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين (نسبة الوقت العاطل ونسبة كفاءة الخط) باستخدام المحاكاة و(نسبة الوقت العاطل ونسبة كفاءة الخط) العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٦٨٧،٧٤٠،٧٧٤، ٧٩٩).
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل الوقت الضائع باستخدام المحاكاة ومعدل الوقت الضائع العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٦٨٧،٧٧٤).

نلاحظ من خلال النتائج المتحققة عدم وجود مقياس مهيمن لتحقيق مستوى معنوية مطلقة لجميع الموديلات عينة الدراسة، وهذا يشير الى قرار الشركة مقيد بأختيار المقياس الانسب عن تطبيق هذه الخوارزمية، ويفضل اختيار مقياس معدل المخرجات بالساعة بالدرجة الاولى ومن ثم أختيار مقياس وقت دورة الانتاج والوقت الضائع. اما المقاييس الاخرى فقد ظهر تأثيرها في اربعة او خمسة من الموديلات من عينة الدراسة.

- أظهرت نتائج اختبار الفرضية الثالثة الاتي:
- عدم وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل (وقت دورة الانتاج و الوقت الضائع) باستخدام المحاكاة ومعدل (وقت دورة الانتاج و الوقت الضائع) العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٩٩).
- وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل (نسبة الوقت العاطل ومعدل المخرجات بالساعة) باستخدام المحاكاة ومعدل(نسبة الوقت العاطل ومعدل المخرجات بالساعة) العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٦٧، ٧٧٤).
- عدم وجود اختلافات ذات دلالة معنوية بين معدل نسبة كفاءة الخط باستخدام المحاكاة ومعدل نسبة كفاءة الخط العملي لعينة الدراسة بأستثناء موديل (٧٦٨٧،٧٩٩،٧٨٩٤).

هذه النتائج تشير الى وجود تقارب وتوافق في تحقيق النتائج مابين الخوارزميتين باستثناء مقياس (نسبة الوقت العطل ومعدل المخرجات) لموديل ((٧٦٧، ٧٧٤)، بمعنى ان عدد مرات تحقق المعنوية لجميع المقاييس ولجميع الموديلات كانت (١٥) مرة و(٢٠) مرة غير معنوية. وأسهمت الخوارزميتان المطبقة ضمن حالة الدراسة بتحسين ورفع مستوى كفاءة الخط ومعالجة مشكلات عدم التوازن والاوقات العاطلة لمعظم الموديلات. وعلى الشركة اختيار الخوارزمية التي تتلاءم مع ظروفها وإمكانياتها.

ثانياً: التوصيات

١. ضرورة استخدام وتطبيق نموذج المحاكاة المصمم لموازنة خط تجميع النموذج المتعدد من قبل الشركة، ولاسيما بعد أن أثبتَ نموذج المحاكاة قدرته على احتواء حالات التغيير والعشوائية لأوقات المهام وتحقيق توازن الخط.

٢. للشركة الخيار بتطبيق أحدى الخوارزميتين (الاوزان الموقعية وكومسوال) او كلتيهما في عملية تخصيص وتوزيع المهام على محطات العمل نظراً للنتائج المتحققة عنهما، واسهامها بتعظيم حجم مخرجات الخط وتحقيق وفورات لمقدار الوقت الضائع، فضلاً عن نتائج مقاييس الاداء المطبقة والتي برهنت قدرة وفاعلية هذه الخوارزميات في تحقيق أهداف الدراسة.

٣. امكانية تكييف واستخدام نموذج المحاكاة ومخرجاته لاعادة تطبيقها على موديلات أخرى داخل المعمل، فضلاً عن ضرورة إعداد مخططات خاصة بتصميم الخط وبيان سير وحركة المنتوج على الخط ولكل موديل ومحاولة الاستفادة منها في تعزيز عمل النموذج.

٤. تحليل وكشف نقاط الاختناق والاوقات العاطلة اولاً بأول ولكل حجم دفعة انتاج ومعالجة تلك المشكلات باعادة تخصيص وتوزيع المهام على وفق خوارزميات الدراسة او استخدام وتفعيل خوارزميات اخرى.

٥. الاهتمام بأساليب موازنة الخط ومحاولة تطويرها بما يتلاءم مع تغيرات عمليات التجميع واستخدام أساليب اخرى للكشف عن المشكلات التي تعيق تدفق الخط. من خلال تطبيق اساليب جدولة العمل على الخط.

٦. تطوير اساليب دراسة الوقت للمعمل بشكل عام وخط الخياطة بشكل خاص، ومحاولة الاستفادة منها لتحليل كفاءة الخط ومعالجة مشكلات العمل .

٧. ضرورة التركيز على عملية التهيئة والاعداد لجميع خطوط المعمل وبالتحديد لخط الخياطة لما لها من دور واهمية على عمل الخط، التي تعد احدى اهم متغيرات خط تجميع النموذج المتعدد.

٨. اعادة تدريب وتطوير العاملين وذلك لتحسين اسلوب العمل لديهم للاسهام في تحسين ورفع نسب الانجاز لديهم، واستخدام الحوافز المادية والمعنوية لرفع مستوى الدافعية في تنفيذ الاعمال.

المقترحات والدراسات المستقبلية

١. تقديم دراسات حول إمكانية تطبيق برمجة متعددة الاهداف لموازنة خط تجميع النموذج المتعدد.

٢. إجراء دراسة لتحليل حساسية معلمات نموذج المحاكاة وقياس حساسية نتائج المحاكاة لتغير تلك المعلمات.

٣. تقديم دراسة حول تأثير الجدولة على توازن خط تجميع النموذج المتعدد.

٤. إجراء دراسة تطبيقية لمحطات المعمل المتوازية في خط النموذج المتعدد باستخدام خوارزميات النمل.

٥. اجراء دراسة حول عملية توازن خط تجميع النموذج المتعدد ذات الجانبين وباستخدام مجموعة من خوارزميات الطرائق الاجتهادية.

٦. اعداد دراسة علمية حول خطوط التجميع المرنة باستخدام المحاكاة.

Balancing the Multi Assembly line Using Ranked Positional Weight and COMSOAL Algorithms: Case Study at the Sewing line Factory (7) /the General Company for Leather Industries (GCLI/ Baghdad)

Abstract

The problem of multi assembly line balancing appears as one of the most prominent and complex type of problem. The research problem of this dissertation is concerned with choosing the suitable method that includes the nature of the processes of the multi assembly type of the sewing line at factory no. (7). The State Company for Leather Manufacturing. The sewing line currently suffers from idle times at work stations which resulted in low production levels that do not meet the production plans. The authors have devised a flexible simulation model which uses the uniform distribution to generate task time for each shoe type produced by the factory. The simulation of the multi assembly line was based on assigning task times to work stations according to two heuristics (Ranked positional Weight and COMSOAL). Performance measures were computed and were used to test the three research hypothesis. The research has reached a number of conclusions that have proved the validity of the simulation model to address the research problem, and to achieve the balance of the sewing line. It is quite clear that the applied algorithms have effective impact on achieving better results to improve the line's efficiency and to maximize its output in comparison with the actial performance of the line. The authors recommend the application of the simulation model developed here to study the problems of the multi assembly line.

Key Terms: Assembly line, Mulit Assembly line, COMSOAL, Runked Positional Weight.