تطبيق نظام البطاقتين " كانبان "Kanban باستخدام المحاكاة
دراسة تجريبية في الشركة العامة للصناعات الجلدية – المعمل (7)

عبد الكريم محسن باقر، وعلي موات سعد

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" (Kanban) باستخدام المحاكاة التصادفية في المعمل 7 من خلال محاكاة تأثير متغيرين: اختلاف أوقات التشغيل، وعطلات المكائن في نجاح تطبيق النظام لمعالجة مشكلة ضعف عملية تخطيط ورقابة الإنتاج التي تجلت بارتفاع مستويات الخزين. استخدمت الملاحظة الشخصية والمقابلات وقائمة فحص واستمارة مسحية لجمع البيانات، واختبار مربع كاي (X^2) لتحديد نوع التوزيع الإحصائي للبيانات، ولغة البرمجة (Q-Basic) لبناء نموذج المحاكاة وتشغيله لتطبيق النظام. حقق التشغيل التجريبي للنظام نتائج أفضل مقارنة بما حققه المعمل؛ إذ ازدادت المخرجات بنسبة (10.5%)، وتحسن استغلال الطاقة بنسبة (11%)، وانخفض المخزون تحت الصنع WIP بنسبة (10%). ظهرت تأثيرات سلبية لمتغيري البحث على تطبيق النظام رغم نتائجه الإيجابية، الأمر الذي يبرز أهمية وضع برامج تحسين لمعالجة تلك التأثيرات لتحقيق نتائج أفضل.

الكلمات الدالة: نظام البطاقتين "كانبان"، نظام الدفع، نظام السحب، بطاقات السحب، بطاقات الإنتاج، نقاط الخزن للداخل ونقاط الخزن للخارج.

1- المقدمة – منهجية البحث

1-1- مشكلة البحث

تتحدد مشكلة البحث بوجود ضعف في عملية التخطيط والسيطرة على الإنتاج في المعمل (7) في الشركة العامة للصناعات الجلدية، الأمر الذي أدى إلى:

1. ارتفاع مستويات مخزون المواد الأولية، ونصف المصنعة، وتامة الصنع لضعف التنسيق بين أقسام التسويق والإنتاج والتخطيط والمتابعة.
2. ظهور العديد من العطلات والتوقفات خلال عملية الإنتاج.

لذا جاء هذا البحث لاختبار إمكانية اعتماد نظام البطاقتين "كانبان" في عينة البحث، من خلال اعتماد محاكاة النظام وفقاً للبيانات الخاصة بأوقات التشغيل لعمليات الإنتاج، والتوقفات الحاصلة خلال المدة التي يغطيها البحث، وذلك بهدف الحصول على نتائج تجريبية عن الواقع الفعلي لعينة البحث تساعد على تفسير سلوك نظام البطاقتين "كانبان" والنتائج التي ستسفر عن تطبيقه بشكل فعلي في عينة البحث، وما يمكن أن يحققه من تحسين لعملية التخطيط والسيطرة على الإنتاج.

1-2- أهمية البحث

يمثل البحث:

1. محاولة لدراسة استخدام وتشغيل نظام البطاقتين "كانبان" باستخدام المحاكاة سعيا لابراز نتائجه الإيجابية في معالجة نواحي الضعف الظاهرة في عينة البحث، وذلك لأن هذا النظام يعد وسيلة فعالة وغير مكلفة تكفل تحقيق التحسين المستمر لعملية الإنتاج.
2. محاولة نحو تكييف بيئة إنتاج متكرر وفقاً لمتطلبات تنفيذ

تاريخ استلام البحث 2004/8/31، وتاريخ قبوله 2005/8/11.

نظام البطاقتين"كانبان"، وذلك لتشخيص معوقات التنفيذ وتقديم الحلول والمقترحات لتجاوزها.

1-3- هدف البحث: يهدف البحث إلى:

1. تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" في التخطيط والسيطرة على الإنتاج في عينة البحث، وذلك لأن هذا النظام يوفر تخطيطاً أدق ومرونة أكبر وسيطرة أفضل على تدفق وانسياب المواد خلال عملية الإنتاج.
2. تحديد مدى قدرة نظام البطاقتين "كانبان" في معالجة أو تقليل نقاط الضعف المؤشرة في مشكلة البحث، وذلك من خلال توظيف قدرات النظام كوسيلة للتحسين المستمر.
3. دراسة اختلاف أوقات التشغيل، وحالات حدوث عطلات وتوقفات المكائن وتكرارها باستخدام المحاكاة للتعرف على تأثير هذين المتغيرين في تطبيق نظام البطاقات "كانبان" وتشغيله. وقد اختيرت محطة العمل الثانية (قسم الخياطة) في المعمل فقط لمعرفة تأثير العطلات لتكرار حدوث تلك العطلات فيها.
4. اقتراح متطلبات تكييف عينة البحث لمنطق وآلية نظام البطاقتين "كانبان" وذلك من خلال وضع إجراءات محددة لذلك تشمل عدة مجالات هي: نمط تدفق الإنتاج، وجدولة الإنتاج الرئيسة وجداول التجميع النهائي، وحساب عدد الحاويات، فضلاً عن جوانب أخرى تهيئ لتبني نظام السحب (Pull System) عوضاً عن نظام الدفع (Push System) لمقابلة الطلبيات المجدولة بشكل يومي.

1-4- منهج البحث

اعتمد البحث منهج دراسة الحالة (Case Study) في تشخيص وتحديد المشاكل التي يعاني منها المعمل (7) عينة البحث في مجال التخطيط والسيطرة على الإنتاج وفي الحصول على البيانات اللازمة لإجراء البحث، فضلاً عن استخدام المحاكاة في تحديد نتائج التشغيل التجريبي لنظام البطاقات "كانبان". وقد استخدمت في البحث الأدوات الآتية:

1. الملاحظة الشخصية والمقابلات وقائمة فحص (Check List) واستمارة مسحية (Survey List) كمصادر لجمع البيانات المتعلقة بموضوع البحث عن الواقع العملي لعينة البحث.
2. طريقة المحاكاة التصادفية (Stochastic Simulation Method) لتجريب تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" "Kanban" في عينة البحث (انظر وصف متغيرات برنامج محاكاة خط الإنتاج في الملحق (A)، والمخطط الانسيابي لعملية المحاكاة في الملحق (B)).
3. لغة البرمجة (Q-Basic) لكتابة برنامج المحاكاة وتشغيله فضلاً عن استخدام البرنامج الجاهز (Microsoft Excel) لتحليل نتائج التشغيل التجريبي لنظام كانبان (انظر البرنامج في الملحق (C).
4. اختبار مربع كاي (χ^2) لحسن المطابقة (Goodness of Fit) لتحديد نوع التوزيع الإحصائي الذي تخضع له بيانات عينة البحث، باستخدام البرنامج الإحصائي الجاهز (STATGRAHICS Plus 4.0).

1-5- الدراسات السابقة

ظهرت في السبعينيات من القرن الماضي أول مقالة تناولت تطبيق نظام البطاقات "كانبان" (Sugimori et al., 1977)، وبرزت بعد ذلك العديد من المقالات والبحوث التي تناولت ذلك التطبيق.

1-5-1- الدراسات الأجنبية

من خلال الاطلاع على المقالات والبحوث التي تناولت تطبيق نظام البطاقات "كانبان" في البيئة الأجنبية، سيحاول الباحثان الإحاطة بأهمها التي تتعلق بتوجه البحث؛ إذ جرى حصرها في أصناف أربعة تمثل وجهات نظر تلك البحوث (انظر الجدول 1)، ولأغراض هذا البحث سيجري تناول الدراسات المحاكاتية فقط.

الدراسات المحاكاتية (Simulation Studies)

استخدمت المحاكاة بشكل واسع أداة لدراسة العوامل الداخلية والخارجية التي تؤثر في نجاح تنفيذ نظام البطاقات "كانبان"؛ إذ تناولت دراسة (Savsar, 1996) نتائج عملية المحاكاة على نظام البطاقات "كانبان" وأدائه تحت مختلف الشروط العملياتية، وأظهرت

أن هنالك تأثيراً لسياسات سحب حاويات كانبان على معايير الأداء كنسبة المخرجات ونسبة استغلال الطاقة والمستويات الإجمالية للمخزون تحت الصنع (WIP). كما تناولت الدراسة تأثير التغيرات في وقت التشغيل وعدد الأنواع المختلفة من حاويات كانبان المسموح بها في كل محطة عمل وحجم خط الإنتاج على معايير الأداء. جرت محاكاة أوقات التشغيل داخل خط الإنتاج بحسب التوزيعات الاحتمالية المحددة من اختبارات حسن المطابقة (Goodness of Fit) التي انحصرت بين توزيعات(Erlang, Gamma). أما (Sarker and Harris, 1988) فقد قاما بدراسة تأثير حالة عدم التوازن في أوقات التشغيل بين محطات العمل ضمن خط الإنتاج المحاكى الذي يعمل وفق نظام البطاقات "كانبان" (نظام السحب في فلسفة JIT). قامت الدراسة بمحاكاة أوقات التشغيل بافتراض أن تلك الأوقات تتوزع توزيعاً منتظماً (Uniform)؛ إذ نفذ نموذج المحاكاة لاختبار النظام ضمن خمس حالات مقارنة بالحالة الأصلية التي أسموها الحالة الأساس (Base Case). اعتمدت هذه الدراسة معيار نسبة الاستغلال كمقياس لتقويم نتائج كل حالة مدروسة، وقد خرجت الدراسة بإرشادات وتوجهات تمكن المديرين العاملين في بيئة (JIT) من الاقتداء بها لتكون دليل عمل يمكنهم من السيطرة على بيئة إنتاجهم، خاصة عند ظهور حالة عدم التوازن داخل خط الإنتاج.أما(Changchit and Terrell, 1988) فقد قاما بدراسة تأثير بعض العوامل التجريبية (Experimental Factors) كأوقات التشغيل وأوقات الاختناق في نجاح تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" في خط إنتاج منفرد (Single) متعدد المحطات يقوم بإنتاج منتوج واحد فقط. وقد استخدمت في هذه الدراسة عدة معايير لتقييم أداء النظام منها نسبة استغلال الطاقة، وتوصلت الدراسة إلى أن نسبة استغلال الطاقة تزداد مع تزايد عدد الحاويات ولكن عند حد معين، كما ان أفضل معالجة لحالات الاختناق داخل خط الإنتاج تكون عن طريق تكثيف الجهود نحو تقليل أوقات التشغيل. وتناول (Krishnappa, 1999) في دراسته عدة عوامل تصميمية وتشغيلية أساسية ترافق تطبيق نظام البطاقات في محاولة لدراسة تأثير سلوك تلك العناصر على النظام؛ اذ تناول في دراسته التغيرات في أوقات التشغيل كعامل تشغيلي، كما استخدم عدة معايير منها حجم المخزون ونسبة استغلال الطاقة والوقت المنقضي في النظام (الوقت المحصور بين وقت إطلاق أمر الإنتاج/الطلبية ووقت إكماله في محطة العمل).

خلصت الدراسة الى وجود تأثيرات متبادلة بين العوامل التصميمية والتشغيلية، فضلا عن ان الوقت المنقضي في النظام يتأثر بعدد الحاويات المحتفظ بها داخل كل محطة وبعدد أنواع المنتجات التي يجري إنتاجها.

1-5-2- الدراسات العربية

هنالك عدد من الدراسات المحلية العراقية التي تناولت فلسفة JIT من حيث جذورها ومفهومها وعناصرها الأساسية، فضلاً عن بيان فوائد ومميزات تلك الفلسفة وأوجه الاختلاف بينها وبين فلسفات الإنتاج الأخرى. إلا أن الملاحظ على معظم تلك الدراسات هو تركيزها على الطابع النظري إلى حد ما، هذا من جهة، ولكن من جهة أخرى يمكن الاستدلال على ما خلصت إليه بصدد تطبيق فلسفة JIT. فقد انطلقت دراسة أجراها (العزاوي وآخرون، 1997) في اتجاه يؤكد على أن فلسفة JIT متكاملة ولا يمكن تطبيقها إلا بشكل كامل وبجميع عناصرها؛ فيما خلصت دراسات أخرى مثل دراسة (نجم، 1995) ودراسة (غانم، 1998) ودراسة (فؤاد وعلي، 1998) إلى رأي مخالف يؤكد أن فلسفة JIT يمكن تطبيقها في الشركات المحلية من خلال الأخذ ببعض العناصر الأساسية لتلك الفلسفة وصولاً للتطبيق الكامل لها. وبخلاف تركيز الدراسات المشار إليها آنفاً، فقد استخدمت دراسة (الراوي، 2001) أسلوب المحاكاة الديناميكية لتقويم نتائج التخطيط والسيطرة على الإنتاج، وذلك من خلال ثلاث محاولات للمحاكاة استخدمت فيها عدة متغيرات مثل الاختلاف في اوقات التشغيل وزيادة مستويات الخزين والعطل وغيرها. وخلصت الدراسة إلى وجود تأثيرات إيجابية لاستخدام نظام JIT في التخطيط والسيطرة على الانتاج، فضلا عن ضرورة توافر بعض المتطلبات في عينة البحث لضمان النجاح الكامل للتطبيق.

وبنفس الاتجاه فقد توصلت دراسة الروابدة (Rawabdeh, 2001) التي شملت 95 شركة صناعية أردنية إلى أن هذه الشركات قد بلغت مستوىً ممتازاً في تطبيق بعض عناصر نظام JIT ومنها نظام كانبان وأن لهذه الشركات القدرة على تبني نظام JIT، إلا أنه ليس هناك برنامج رسمي لتطبيق هذا النظام في الشركات الممسوحة.

الجدول رقم(1): تصنيفات الدراسات الأجنبية السابقة

السنة	المؤلف	عنوان الدراسة	التصنيف
1987	Bitran and Chang	"A Mathematical Programming Approach to a Deterministic Kanban System".	نماذج الأمثلية Optimization Models
1991	Bard and Golany	"Determining the Number of Kanbans in a Multi Product-multistage Production System".	
1991	Li and Co	"A Dynamic Programming Model for the Kanban Assignment Problem in a Multistage Multi-period Production System".	
1994	Yanagawa et al.	"The Optimal Operations Planning of a Kanban System with Variable Load Times".	
2000	Sarker and Balan	"Batching and Scheduling in a Multi-stage Kanban System".	
1989	Deleersnyder et al.	"Kanban Controlled Pull System: An Analytic Approach".	نماذج ماركوف Markov Models
1991	Berkeley	"Tandem Ques and Kanban Controlled Lines".	
1994	Siha	"The Pull Production System: Modeling and Characteristics".	
1995	Chao et al.	"The Prioritization of Kanbans in the Case of a Single Station Serving Multiple Downstream Stations".	
1989	Funk	"A Comparison of Inventory Cost Reduction Strategies in a JIT Manufacturing System".	الدراسات التي ركزت على المخزون Inventory Focused
1994	Asikele	"Adaptive Control for JIT Manufacturing Implementation".	
1988	Sarker and Harris	"The Effect of Imbalance in a JIT Production System: A Simulation Study".	الدراسات المحاكاتية Simulation Studies
1988	Changchit and Terrell	"Issues in Just-In-Time Production System".	
1996	Savsar	"Effects of Kanban Withdrawal Policies and Other Factors on the Performance of JIT Systems: A Simulation Study".	
1999	Krishnappa	"Simulation Study of a Kanban Controlled Production System".	

وتتلخص أبرز مديات الاستفادة من الدراسات السابقة على النحو الآتي:

1. ان الدراسات السابقة وفرت للباحثين تصوراً حول طبيعة التطبيق الممكن الأخذ به بالنسبة لفلسفة JIT، من حيث كونها فلسفة متكاملة شاملة يمكن تطبيقها بشكل تدريجي وصولا إلى التطبيق الشامل. ويؤكد ذلك (Monden)؛ إذ يقول: يجب على كل شركة اتباع الطريق التدريجي وصولا للتطبيق الكامل لفلسفة JIT في نهاية المطاف. ومن جهة أخرى يؤكد أن معظم الشركات اليابانية بصرف النظر عن حجمها ونوع صناعتها تستخدم بعض أفكار JIT مثل تخفيض أوقات التهيئة والاعداد وتقليل حجوم الدفعات، في الوقت الذي لا يطبق فيها نظام البطاقات "كانبان"*. وهذا يعني من وجهة نظر الباحثين أن مثل هذه الشركات تكثف جهودها في برامج التحسين على العمليات، للوصول إلى نتائج بارزة في تخفيض أوقات التهيئة والإعداد، مما يبرر بالتالي استخدام دفعات إنتاج صغيرة الحجم.
2. ان الدراسات السابقة (لاسيما الدراسات المحاكاتية) رسخت لدى الباحِثين فكرة استخدام المحاكاة وسيلة للتعرف على إمكانية تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" في بيئة مضطربة كبيئة التصنيع العراقية.
3. ساعدت الباحثين في اختيار متغيري عطل المكائن، واختلاف أوقات التشغيل لمحاكاة تأثيرهما في تطبيق نظام كانبان.
4. ساعدت في عملية اختيار معايير الأداء لتقويم نتائج تطبيق نظام البطاقتين "كانبان"؛ إذ ستعتمد المعايير الآتية:

- حجم المخرجات بالوحدات والمبالغ.
- معدل استغلال الطاقة.
- نسبة التغير في خطة الإنتاج.
- مستويات المخزون تحت الصنع (WIP).

1-5-3- نظام البطاقتين "كانبان"

منذ منتصف القرن الماضي وما لحقه من سنوات تبنت الصناعات الغربية ولاسيما الأمريكية أنظمة إنتاج عديدة لعل من أبرزها ما أصبح يدعى لاحقا مفهوم الدفع (Push). والفكرة الأساسية لهذا المفهوم تقوم على الاحتفاظ بمستويات عالية من المخزون الاحتياطي، الأمر الذي شكل مشكلة كبيرة للشركات التي تبنته، ومن ثم ساعد ذلك في بروز مفهوم السحب (Pull) القائم على ان كل محطة عمل تسحب ما تحتاجه من مواد وأجزاء من المحطة التي تسبقها في خط الانتاج بمستويات جودة عالية وضمن توقيتات محددة*. وتتجسد فلسفة السحب ضمن نظام JIT باستخدام نظام البطاقتين "كانبان" لإحكام السيطرة على كميات الإنتاج ومستويات الخزين. إن بطاقة Kanban تعني السجل أو الإشارة المرئية؛ إذ تستخدم هذه البطاقات كإشارة للحاجة إلى مواد أو أجزاء أكثر لعمليات الانتاج في المحطات اللاحقة. يؤكد نظام البطاقات "كانبان" على تحسين عملية الإنتاج وتخفيض مخزون العمل تحت الصنع (WIP) بين محطات العمل ومحاولة ربط عمليات الإنتاج فيما بينها بشكل أوثق. فهو آلية لربط أنشطة الإنتاج والتأكد من وصول المواد والأجزاء في الوقت والمكان المناسبين للمحافظة على مستويات مخزون منخفضة، ومن ثم تعديل مستويات الإنتاج على مدار الوقت؛ إذ تجري عملية السيطرة على المخزون من خلال التحكم بعدد البطاقات أو الحاويات القياسية، الذي يمثل مستويات المخزون داخل نظام الإنتاج (Krajewski and Ritzman, 1999: 754). يطبق نظام البطاقات بعدّة أشكال منها نظام البطاقات (الشكل الشائع التداول) ومربعات الكانبان (Kanban Squares)، ورفوف الكانبان (Kanban Racks)، واستخدام ضوء قوي متقطع (Flashing Light)، فضلا عن استخدام أنواع أخرى عديدة (Russell and Taylor III, 2000: 745).

ان جوهر نظام البطاقات "كانبان" قائم على تخفيض مخزون تحت الصنع (WIP) بين محطات العمل، وعليه فإن مستوى ذلك الخزين يتأثر وبشكل مباشر بعدد البطاقات، فكلما زاد العدد ارتفع مستوى الخزين بين محطات العمل. وهكذا

* قام الباحثان بمحاورة البروفيسور (Yasuhiro Monden) على عنوان بريده الإلكتروني، حول مداخل تطبيق فلسفة JIT Monden@sk.tsukuba.ac.jp.

* By Internet: http://home.iae.nl/usuers/drshofm

ينبغي على إدارة الشركة أن تتخذ قرارين مهمين، قبل تحديدها لعدد البطاقات هما تحديد عدد الأجزاء التي تحويها كل حاوية أي تحديد حجم الحاوية، وتحديد عدد الحاويات المنسابة ذهاباً وإياباً بين المحطة المجهزة والمحطة المستخدمة للمواد (Silver et al., 1998: 634). ان عدد الحاويات (البطاقات) المطلوبة لمحطة العمل المستخدمة للأجزاء سيساوي متوسط الطلب خلال فترة الانتظار (Lead Time) (Silver et al., 1998: 640) زائداً كمية معينة من مخزون الأمان لمواجهة الظروف غير المتوقعة، مقسوماً على عدد الأجزاء في الحاوية الواحدة (Nahmias, 1997: 371). وبموجب المعادلة آلاتية:

$$K = \frac{D(\overline{W} + \overline{P})\ (1+a)}{C} \qquad \ldots(1)$$

حيث ان:

K = عدد الحاويات (عدد بطاقات السحب والإنتاج) لجزء معين.

D = الطلب اليومي المتوقع لجزء معين بالوحدات.

$\overline{W}$ = متوسط وقت الانتظار خلال عملية الإنتاج بين محطات العمل، مضافاً إليه وقت مناولة المواد لكل حاوية (يتضمن أيضاً وقت تبدال البطاقات)، ويكون محسوباً كجزء أو كسر من اليوم.

$\overline{P}$ = متوسط وقت المعالجة (Processing) لكل حاوية محسوباً كجزء أو كسر من اليوم.

C = الكمية في الحاوية القياسية لجزء معين (طاقة الحاوية).

α = متغير سياسة الإدارة الذي يعكس كفاءة محطات العمل المنتجة والمستخدمة للجزء (شركة تويوتا عادة تستخدم قيمة لا تتجاوز 10%).

1-6- وصف عينة البحث

بعد القيام بالمسح الأولي لمصانع الشركة العامة للصناعات الجلدية تم اختيار المعمل (7) لانتاج الأحذية الرجالية ليكون عينة للبحث؛ اذ تتوافر فيه بعض الخصائص الملائمة لتطبيق نظام البطاقات "كانبان". يقوم المعمل بإنتاج أربعة موديلات رئيسة وبطلب مستقر ومسار تكنولوجي متشابه الى حدّ كبير، مما جعل عملية الإنتاج مكرسة للقيام بإنتاج متكرر (Repetitive) ولأغلب الموديلات. وعليه فقد جرى اختيار الموديل (7060) كمنتوج ريادي"Product* Pilot" ليمثل الموديلات الأخرى. يضم المعمل 7 خط إنتاج واحداً يتألف من ثلاثة أقسام للإنتاج هي الفصال، والخياطة، والسحب. ويتصف نشاط تخطيط الإنتاج في المعمل بالاتي:

- استخدام محدود جداً وغير فعال للحاسوب في عملية التخطيط والسيطرة على الإنتاج.
- الاعتماد على قاعدة ما يصل أولاً يخدم أولاً (First Come, First Serviced –FCFS) في تحديد أسبقيات إنجاز عمليات الإنتاج وجدولتها؛ إذ توجد أربعة موديلات رئيسة خلال مدة المشاهدة، كما يبلغ مدى المنتوج في المعمل (48) نوعاً مختلفاً، من حيث الأجزاء والحجم واللون للموديلات الأربعة.
- يجري تحديد قائمة المواد (Bill of Material-BOM) للمنتوج من خلال إصدار الشركة استمارة خاصة بذلك هي (استمارة الموديل) التي يحدد فيها أجزاء كل موديل ومقدار الاحتياجات من تلك الأجزاء.
- تجري عملية متابعة تنفيذ خطة الإنتاج بشكل أسبوعي.
- ان نسبة تحقق خطة الإنتاج للفصل الأول من عام (2000) كانت (86.3%).
- بلغت كفاءة خط الإنتاج في المعمل (7) للفصل الأول من عام 2000 (85%)، في حين بلغت نسبة استغلال الطاقة للمدة نفسها (74%).
- تجري عملية تسليم المنتوج تام الصنع إلى مخازن البضاعة الجاهزة وبشكل يومي.

لدى كثير من الأفراد العاملين مهارات وقدرات متنوعة تمكنهم من القيام بأعمال ضبط الجودة وفعاليات الصيانة غير المعقدة للمكائن والمعدات إلى جانب مهامهم الأصلية المتعلقة

* تعرف الجمعية الأمريكية للسيطرة على الإنتاج والخزين (APICS) المنتوج الريادي بأنه المنتوج الذي يستخدم كأساس عند التطبيق لنظام البطاقتين"كانبان"؛ إذ يتطلب أوقاتاً قليلة للتهيئة والإعداد، فضلاً عن اشتراكه مع المنتجات الأخرى بمعظم العمليات التشغيلية لخط الإنتاج (www.APICS.org.trainning).

بعملية الإنتاج، إلا أن إدارة الشركة تعتمد على التخصص الوظيفي في أداء تلك الأنشطة وبالتالي لا يسمح للعاملين في الإنتاج القيام بمهام خارج المهام الموكلة إليهم.

- انخفاض أوقات التهيئة والإعداد (Setup) وانعدامها في أغلب أقسام الإنتاج (محطات العمل).
- عدم وجود خطة أو جداول للصيانة الوقائية للمكائن الأمر الذي انعكس سلباً على سير عملية الإنتاج داخل العمل بسبب التوقفات الناجمة عن حدوث العطلات ولأكثر من مرة وبأوقات توقف تراوحت بين (30–120) دقيقة.

1-7- المرحلة التمهيدية للتشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" باستخدام المحاكاة:

تحديد نوع تدفق العمل: يظهر الشكل (1) محطات العمل ومواقع نقاط الخزن المقترحة بين تلك المحطات، واتجاه تدفق المواد والمعلومات الذي اعتمد في التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" باستخدام المحاكاة، إذ يمكن ملاحظة ما يلي:

- تمت إعادة وصف خط الإنتاج في المعمل وتكييف تنظيمه جزئياً وفقاً لاتجاه تدفق المعلومات وخصائص ومتطلبات عمل JIT كنظام سحب؛ إذ يمثل قسم السحب (المحطة 3) أسفل مجرى التدفق (Downstream Flow) لأنه هو الذي يلبي الطلبيات المجدولة في خطة الإنتاج المقررة من قبل إدارة الشركة للمعمل. وبالتالي فإن هذا القسم سيتحكم بتحديد نشاط الإنتاج ومستويات المخزون داخل نقاط الخزن جميعاً في المعمل. يسحب هذا القسم احتياجاته من قسم الخياطة (المحطة 2) الذي يسحب بدوره احتياجاته من قسم الفصال (المحطة 1). وبذلك يمثل قسم الفصال أعلى مجرى التدفق (Upstream Flow) للخط الذي يقوم بتغذية قسم الخياطة. كما تم استحداث نقاط خزن بين المحطات.
- تتألف كل نقطة خزن بين محطات العمل من جزأين: الجزء A يمثل نقطة الخزن للداخل التي تحتوي على حاويات مملوءة بالأجزاء تحمل بطاقات سحب. والجزء B يمثل نقطة الخزن للخارج؛ إذ يحتوي على حاويات مملوءة بالأجزاء تحمل بطاقات الإنتاج، علماً بأن نقطة الخزن (3) تقتصر على جزء واحد فقط هو الجزء B (نقطة الخزن للخارج) ويمكن تشبيه دور منطقة شحن/ تسويق المنتوج النهائي بدور المنطقة (A) في نقاط الخزن.
- تجري السيطرة على عملية تدفق المواد بين كل محطة عمل ونقطة خزن من خلال بطاقات الحركة، في حين تجري السيطرة على عملية تدفق المواد والأجزاء داخل محطة العمل بواسطة بطاقات الإنتاج.
- تحتوي كل نقطة من نقاط الخزن للداخل (A) على صندوق لتجميع بطاقات الحركة، بينما تحتوي نقاط الخزن للخارج (B) على صندوق لتجميع بطاقات الإنتاج.

1-8- آلية عمل نظام البطاقتين "كانبان"

توضح النقاط الآتية آلية عمل نظام البطاقتين "كانبان" بشكله القياسي، التي يمكن تطبيقها لمرحلة التشغيل العملي في المعمل عينة البحث:

1. يرسل قسم التسويق (نقطة شحن المنتوج النهائي لتلبية الطلب) حاويتين فارغتين ملحقاً بكل منهما بطاقة حركة (سحب) إلى نقطة الخزن (3)، المنطقة B.
2. في منطقة الخزين B ترفع بطاقات السحب من الحاويتين الفارغتين وتوضع على حاويتين مملوءتين محل بطاقتي الإنتاج الموجودتين عليهما، ثم يعاد سحب الحاويتين المملوءتين وعليهما بطاقات السحب إلى منطقة شحن المنتوج النهائي لتلبية الطلب الخارجي.
3. توضع بطاقتا الإنتاج في صندوق بطاقات الإنتاج في المنطقة B – نقطة الخزن (3). إن وجود بطاقتي الإنتاج في هذا الصندوق مع حاويتين فارغتين يمثل إشارة البدء بعملية الإنتاج في المحطة 3 لملء هاتين الحاويتين الفارغتين كما يعطي ذلك للعاملين في المحطة 3 صلاحية فتح حاويتين مملوءتين بمواد أولية وأجزاء متوفرة في منطقة الخزن للداخل وهي (نقطة الخزن 2 – المنطقة A) تم سحبهما من قبل من نقطة الخزن للخارج 2– المنطقة B؛ إذ ترفع بطاقات الحركة عن تينك الحاويتين وتوضع في صندوق بطاقات السحب في نقطة الخزن 2– المنطقة A.
4. بوجود بطاقتي الحركة في صندوق تجميع بطاقات الحركة في المنطقة A – نقطة الخزن (2)، يتم تحريك حاويتين فارغتين بعد إلصاق بطاقتي الحركة بهما نحو منطقة الخزن للخارج (B) – نقطة الخزن (2) لمطالبتها بتعويض

الكمية التي سحبتها المحطة (3) من نقطة الخزن (2) للداخل – المنطقة A لاستخدامها في عملية الإنتاج.

5. تكرار نفس الخطوات 2–4 ولكن ما بين المحطتين 2 و1 بدلاً من المحطتين 3 و2، ونقطتي الخزن 2 و1 بدلاً من نقطتي الخزن 3 و2.
6. تكرار الخطوات 1–5 في كل عملية سحب تتم من منطقة شحن المنتوج النهائي لتلبية الطلب اليومي المجدول.

إعداد جدول الإنتاج الرئيس MPS

تمثل طاقة المعمل (7) عينة الدراسة الأساس المعتمد في إعداد جدولة الإنتاج الرئيسة (MPS) التي تتركز على جدولة التراكيب والمنتجات على أساس عمليات التجميع لها؛ إذ يتمثل الأفق الزمني (Time Horizon) للجدولة (المدة التي يغطيها البحث–الفصل الأول من عام 2000) بأفق ثابت أمده ثلاثة أشهر وبعدد أيام عمل فعلية مقدارها (70) يوماً. ان كميات الإنتاج في جدولة الإنتاج الرئيسة حددت في ضوء طاقة المعمل اليومية البالغة (350) زوجاً، لذلك أصبحت كمية الإنتاج لكل فترة تخطيط جزئية أمدها عشرة أيام (3500) زوج.

حساب عدد الحاويات: ان عدد الحاويات القياسية الواجب توافرها في كل نقطة من نقاط الخزن ضمن خط الإنتاج المبحوث يجب أن يكافئ عدد الحاويات المسحوبة من المنتوج النهائي من نقطة الخزن (3) (الحالة المثالية لعمل النظام)، بموجب مواعيد التجهيز المتفق عليها. وتوضح النقاط الآتية عمليات حساب عدد الحاويات في نقاط الخزن المحددة ضمن خط الإنتاج المبحوث:

1. حساب عدد الحاويات القياسية المملوءة بالمنتوج تام الصنع والمسحوبة يومياً من نقطة الخزن (3) إلى نقطة شحن / تسويق المنتوج النهائي بموجب المعادلة 2:

$$PK = \frac{D}{C} \quad \ldots (2)$$

حيث ان:

PK = عدد الحاويات المسحوبة من نقطة الخزن (3) من المنتوج تام الصنع.

D = معدل الطلب اليومي المحدد على أساس الطاقة اليومية للإنتاج البالغة (350) زوجاً.

C= سعة الحاوية الواحدة المقدرة بـ(35) زوجاً (10% من معدل الطلب اليومي (D)).

وبذلك يكون عدد الحاويات هو (10) حاويات، وهو العدد المثالي عند اشتغال النظام (في حالة توازن أوقات التشغيل بين محطات العمل).

2. حساب عدد الحاويات المملوءة بالمنتوج تحت الصنع الواجب توافرها داخل كل نقطة خزن بين المحطات وذلك بموجب المعادلة (1) ووفقاً للآتي:

أ– حساب وقت الشغيل اللازم لإكمال حاوية واحدة باستخدام المعادلة الآتية:

$$\bar{P} = (\sum P + \overline{M}_n + \overline{Q}_n) * C \quad \ldots (3)$$

حيث ان:

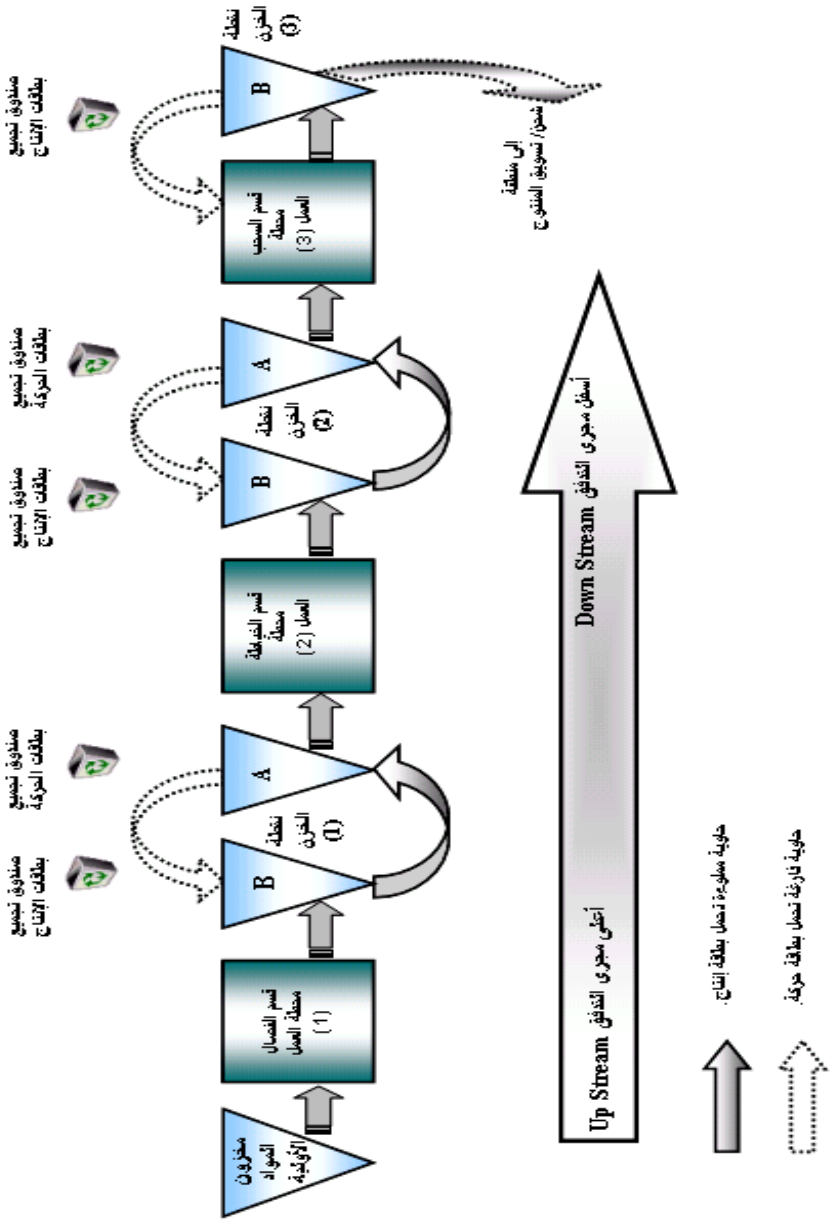
$\bar{P}$ = متوسط وقت التشغيل لإكمال حاوية واحدة (ويتضمن وقت الانتظار والحركة أمام وبين العمليات التشغيلية داخل محطة العمل) محسوباً كجزء من اليوم.

$\sum P$ = مجموع أوقات عمليات المعالجة اللازمة لإنتاج زوج واحد.

$\overline{M}_n$= متوسط وقت الحركة بين العمليات التشغيلية داخل محطة العمل.

$\overline{Q}_n$ = متوسط وقت الانتظار أمام العمليات التشغيلية داخل محطة العمل.

C = سعة الحاوية الواحدة.



الشكل (1): محطات العمل ومواقع الخزن المقترحة في المعمل عينة البحث (المعمل -7-).

ب- حساب وقت الحركة أو السحب لحاوية واحدة $\overline{W}$ ذهاباً وإياباً من خلال المعادلة الآتية:

$$\overline{W} = M_{A\to B} + \overline{M}_{B\to A} \quad \ldots(4)$$

حيث ان:

$\overline{W}$ = متوسط وقت الحركة اللازم لسحب حاوية واحدة فارغة ذهاباً إلى المحطة المنتجة، ووقت تبديلها بأخرى مملوءة، ووقت سحب الحاوية المملوءة في إيابها إلى المحطة الطالبة للأجزاء، محسوباً كجزء من اليوم.

$\overline{M}_{A\to B}$ = وقت سحب حركة حاوية فارغة من نقطة الخزن (A) إلى نقطة الخزن B ويتضمن ذلك وقت تبديلها بحاوية مملوءة في نقطة الخزن(B).

$\overline{M}_{B\to A}$ = وقت سحب الحاوية المملوءة من نقطة الخزن (B) إلى نقطة الخزن (A).

يبين الجدول رقم (2) نتائج استخدام المعادلات (1)، (2)، (3)، (4) في حساب عدد الحاويات الواجب توافرها داخل كل نقطة خزن؛ إذ يلاحظ التباين في عدد الحاويات داخل نقاط الخزن وذلك عائد إلى اختلاف أوقات التشغيل بين محطات العمل.

الجدول رقم(2): عدد الحاويات الواجب توافرها داخل كل نقطة خزن عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان"

نقطة الخزن	الطلب اليومي	وقت التشغيل $(\overline{P})$				وقت الحركة $(\overline{W})$				عدد الحاويات
		Σ P ثانية	$\overline{Q}_n + \overline{M}_n$ ثانية	$^*\overline{P}$ ثانية	$\overline{P}$ كجزء من اليوم	$\overline{M}_{A\to B}$ ثانية	$\overline{M}_{B\to A}$ ثانية	$\overline{W}$ ثانية	$(\overline{W})$ كجزء من اليوم	
3	350	680	110	27650	0.96	120	60	180	0.006	11
2	350	590	73	23205	0.81	60	30	90	0.003	9
1	350	286	50	11760	0.41	60	30	90	0.003	5

* سعة الحاوية الواحدة (C) = 35 زوجاً.

1-9- القواعد المعتمدة عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان":

- يحتوي خط الإنتاج على منتوج واحد فقط هو الموديل (7060) (المنتوج الريادي) بطاقة إنتاجية مقدارها (350) زوجاً يومياً.
- يوجد في كل نقطة خزن حاويات فارغة (حاويتان فقط) لا تحمل أي بطاقة، تستخدم لتعويض الكميات المسحوبة في كل عملية سحب (وهي حاويات ليست موضع استخدام، وتستخدم لأغراض تسيير العمل).
- اعتماد أسلوب الدفعة الثابتة (Fixed Order Quantity- FOQ)، وذلك لتحديد الاحتياجات من المواد الأولية التي تستخدم بكميات قليلة جداً وهي مواد (الصمغ بنوعيه، والعلامة التجارية، ومقدمة الحذاء، والخيوط، والمسمار، والمطاط، ومادة التحبير)، حيث ان إصدار بطاقة وحاوية لمثل هذه المواد لا يعد عملياً، علماً بأن توفير المواد المذكورة آنفاً سيجري من خلال طلبية واحدة تغطي الاحتياج على مدى الأفق الزمني لجدولة الإنتاج الرئيسة.
- إكمال عمليات تجهيز نقاط الخزن بين المحطات من خزين العمل بموعد يسبق اليوم الأول لتشغيل النظام (2000/1/2).

- استخدام نظام البطاقتين "كانبان" (Dual Kanban) في تنفيذ عملية الإنتاج والسيطرة عليها، ولم يجرِ استخدام النظام ذي البطاقة الواحدة لأنه لا يسمح بسيطرة عالية على عملية الإنتاج؛ إذ يوفر نظام البطاقتين تلك الميزة فضلاً عن تمتعه بمرونة أكبر. ولم تستخدم بطاقات الكانبان الإلكترونية على الرغم من توافر الإمكانية لذلك؛ إذ تحتاج إلى قوى عاملة كفؤة ومدربة بشكل جيد، فضلاً عن توافر وسائل إنتاج أفضل مما هي عليه الآن.
- تقوم نقطة شحن/تسويق المنتوج النهائي في الشركة بسحب الحاويات المملوءة بالمنتوج تام الصنع من نقطة الخزن 3 بموجب مواعيد تسليم خاصة؛ إذ تجري عملية السحب بمعدل حاويتين سعة الواحدة منها (35) زوجاً وبفاصل زمني مقداره (ساعة ونصف) في كل مرة وبتكرار مقداره (5) مرات يومياً.

علماً بأن الوقت المحدد لتنفيذ عملية السحب الأولى من تلك النقطة هو الساعة (7) صباحاً من كل يوم، وهو موعد بدء الدوام الرسمي.

1-10- تحديد أزمنة وأوقات بدء إكمال العمل

اعتمدت الصيغ الرياضية الآتية في تحديد أزمنة بدء العمل (Starting Time – ST) وأزمنة إكمال العمل (Accomplishing Time – AT) لإنتاج الكميات اللازمة لملء الحاويات الفارغة في كل محطة من محطات العمل تعويضاً للحاويات المملوءة المسحوبة لتلبية الطلب اليومي وهي:

أ- زمن أو وقت بدء وإكمال العمل في محطة العمل الأخيرة من الخط (وهي المحطة 3):

1- زمن أو وقت بدء العمل في المحطة الأخيرة (3):

$$ST_{(3)} = WT + \overline{M}_{B_3 \rightarrow S_3} \quad \ldots(5)$$

حيث ان:

$ST_{(3)}$ = زمن بدء العمل في المحطة الأخيرة من الخط (وهي المحطة 3).

WT = زمن كل عملية سحب لحاويات مملوءة بالمنتوج تام الصنع من المنطقة (B)، من قبل منطقة شحن وتسويق المنتوج النهائي (تبدأ أول عملية سحب في الساعة السابعة صباح كل يوم عمل).

$\overline{M}_{B_3 \rightarrow S_3}$ = وقت حركة (ذهاب) الحاوية (أو الحاويات) الفارغة من منطقة الخزن للخارج (B_3) إلى المحطة (3).

2- زمن أو وقت إكمال العمل في المحطة الأخيرة (المحطة 3):

$$AT_{(3)} = ST_{(3)} + \overline{P}_{(3)} + \overline{M}_{S_3 \rightarrow B_3} \quad \ldots(6)$$

حيث ان:

$AT_{(3)}$ = زمن إكمال العمل في المحطة (3).

$\overline{P}_{(3)}$ = وقت التشغيل اللازم لإكمال إنتاج الكمية المسحوبة (أي اللازمة لملئ الحاوية أو الحاويات الفارغة) في المحطة (3).

$\overline{M}_{S_3 \rightarrow B_3}$ = وقت حركة (إياب) الحاوية أو الحاويات المملوءة في المحطة (3) إلى منطقة الخزين للخارج (B_3)

ب- زمن أو وقت بدء وإكمال العمل في المحطات الأخرى:

1- زمن أو وقت بدء العمل في المحطة (i):

$$ST_{(i)} = ST_{i+1} + \overline{M}_{B_i \rightarrow S_i} \quad \ldots(7)$$

حيث ان:

$ST_{(i)}$ = زمن بدء العمل في المحطة (i).

ST_{i+1} = زمن بدء العمل في المحطة اللاحقة (أي المستخدمة للمواد المسحوبة من المحطة i).

$\overline{M}_{B_i \rightarrow S_i}$ = وقت حركة (ذهاب)الحاوية أو الحاويات الفارغة في منطقة الخزن B_i إلى المحطة (i).

2- زمن أو وقت إكمال العمل في المحطة i:

$$AT_i = ST_i + \overline{P}_i + \overline{M}_{S_i \rightarrow B_i} \quad \ldots(8)$$

حيث ان:

AT_i = زمن أو وقت إكمال العمل في المحطة i.

$\overline{P}_i$ = وقت التشغيل اللازم لإكمال إنتاج الكمية المسحوبة (أي اللازمة لملء الحاوية أو الحاويات الفارغة) في المحطة i.

$\overline{M}S_i \rightarrow B_i$ = وقت حركة (إياب)الحاوية أو الحاويات المملوءة في المحطة (i) إلى منطقة الخزين للخارج (B_i).

1-11- معايير تقييم نتائج التشغيل التجريبي

اعتمدت المعايير الآتية في تحديد نتائج التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" لأغراض تقويم تلك النتائج ومقارنتها مع الأداء الفعلي لخط الإنتاج المبحوث، وبيان أثر تطبيق النظام في زيادة فاعلية عملية تخطيط الإنتاج والسيطرة عليها:

- نسبة استغلال الطاقة (U): وهي نسبة حجم المخرجات المتحقق خلال مدة معينة إلى الطاقة التصميمية لنفس الفترة محسوبة بالزوج الواحد، وذلك لكل محطة عمل ولخط الإنتاج ككل.
- حجم المخرجات(وحدة): يمثل مجموع حاصل ضرب عدد الحاويات المسحوبة يومياً في سعة الحاوية الواحدة.
- حجم المخرجات (دينار): وهو حاصل ضرب حجم المخرجات المتحقق في سعر البيع للزوج الواحد.
- نسبة تحقق خطة الإنتاج: وهي نسبة حجم المخرجات المتحققة خلال الفصل بالوحدات إلى حجم المخرجات المخطط إنتاجه خلال المدة نفسها.
- ستجري عملية محاكاة لأوقات التشغيل خلال عملية الإنتاج فقط باستخدام الحاسوب، فيما ستستخدم أوقات الحركة والانتظار المحسوبة أصلاً على أساس المتوسط لعشرين مشاهدة.
- وجود عطلات في خط الإنتاج؛ إذ جرى تحديدها في المحطة (2) وذلك من خلال المشاهدة الميدانية والبالغة (20) مشاهدة، بواسطة بطاقة حساب الوقت؛ إذ تعتمد عملية المحاكاة أيام العطل ضمن المدة التي تغطيها جدولة الإنتاج الرئيسة وعدد مرات العطل اليومي، فضلاً عن تحديد الوقت الذي يستغرقه العطل الواحد* وساعة حدوث العطل أيضاً، وذلك بالاعتماد على التوزيعات الخاصة بكل حالة والظاهرة من استخدام اختبار حسن المطابقة (Goodness of Fit Test).
- ستجري إضافة وقت العطل (Breakdown Time -*BT*) إلى المعادلة الخاصة بحساب وقت إكمال العمل في المحطة (2) وكالآتي:

$$ABT_{(2)} = AT_{(2)} + BT \quad \ldots(9)$$

حيث ان:

$ABT_{(2)}$ = وقت إكمال العمل في المحطة 2 في حالة وجود عطل فيها.

$AT_{(2)}$ = وقت إكمال العمل الاعتيادي في المحطة (2).

BT = وقت العطل المحسوب بالثانية والمولد عشوائياً.

اختبار البيانات: ان عملية توليد الأرقام العشوائية تجري بالاعتماد على نوع التوزيع الإحصائي المحسوب المحدد سلفاً من خلال اختبار مربع كاي (χ^2) لحسن المطابقة (Goodness of Fit)، وذلك بمقارنة القيم المتوقعة (Expected Values) مع القيم المشاهدة (Observed Values)، وللقيام بذلك ستستخدم الصيغة الآتية (Spiegel and Stephens, 1999: 262):

$$\chi^2 = \sum_j \frac{(o_j - e_j)^2}{e_j} \quad \ldots(10)$$

حيث ان:

O_j = القيم المشاهدة.

e_j = القيم المتوقعة.

ان عملية اختبار البيانات قد جرت باستخدام البرنامج الإحصائي الجاهز على الحاسوب (STATGRAPHICS Plus 4.0) وذلك لتحديد نوع التوزيع الذي تخضع له بيانات عينة البحث؛ إذ سيستخدم هذا التوزيع لاحقاً في عملية توليد الأرقام العشوائية. وقد انحصرت التوزيعات الخاصة بعمليات التشغيل بالتوزيعات (Gamma Dist., Chi-Square Dist., Uniform Dist.)، أما التوزيعات الخاصة بالعطل فكانت:

Bernoulli Dist. ⇐ لتحديد الأيام التي سيحدث فيها العطل خلال جدولة الإنتاج الرئيسة.

Poisson Dist. ⇐ لتحديد عدد مرات العطل خلال اليوم الذي أشرت فيه حالة العطل.

Uniform Dist. ⇐ لتحديد وقت العطل الواحد.

*هذا الوقت هو وقت إصلاح العطل داخل المحطة، حيث ان عملية إصلاح الماكنة العاطلة تكون بشكل فوري وبعد حدوث العطل مباشرةً.

Gamma Dist. ⇐ لتحديد وقت حدوث العطل.

12-1- قياس نتائج التشغيل التجريبي باستخدام المحاكاة لنظام البطاقتين "كانبان"

في التشغيل التجريبي لمحاكاة نظام البطاقتين "كانبان" يبدأ البرنامج بحساب عدد الحاويات الواجب توافرها داخل كل نقطة خزن بين محطات العمل من جهة، وبين محطة العمل (3) ونقطة شحن/تسويق المنتوج النهائي من جهة أخرى؛ إذ كان عدد الحاويات في نقطة الخزن(1) ("SP"1) (4) حاويات وفي نقطة الخزن (2) ("SP"2) (9) حاويات، وفي نقطة الخزن (3) ("SP"3) (10) حاويات. ويمكن إبراز أهم نتائج التشغيل التجريبي بالنقاط الآتية:

- يتوقف خط الإنتاج عن تسليم المنتوج تام الصنع إلى نقطة شحن / تسويق المنتوج النهائي في الأيام (13، 18، 23، 28، 33، 40، 50، 55، 58، 63) من أيام جدولة الإنتاج الرئيسة وذلك يعود إلى ضرورة ملء نقاط الخزن الثلاث بالحاويات المملوءة لأغراض استمرار العمل في الأيام التي تتبع تلك الأيام. يضاف إلى ذلك اليوم (45) لظهور حالة عطل في ذلك اليوم؛ إذ بلغ حجم المخرجات اليومي لخط الإنتاج في تلك الأيام (0).
- يظهر الجدول رقم (3) مستويات الخزين تحت الصنع وتام الصنع داخل كل نقطة خزن عند التشغيل التجريبي باستخدام المحاكاة؛ إذ يلاحظ ثبات تلك المستويات عند النقطة (3) وتباينها عند النقطتين (1،2). ويعود ذلك إلى تأثير اختلاف أوقات التشغيل بين المحطات من جهة وظهور حالات العطل من جهة أخرى.
- يظهر الجدول رقم (4) حجم المخرجات اليومي لكل محطة عمل عند التشغيل التجريبي باستخدام المحاكاة. فضلاً عن تحديد حالات العطل التي صاحبت ذلك التشغيل في الأيام(8، 45، 47، 52، 56)، مع ملاحظة انعدام تأثير العطل في حجم المخرجات اليومي في تلك الأيام؛ إذ بلغت الكمية المسحوبة يومياً من نقطة الخزن (3) (حجم المخرجات) (350) زوجاً، يستثنى من ذلك حالة العطل في اليوم (45) التي بلغ حجم المخرجات فيها (0)، وذلك عائد إلى وجود حاويات مملوءة بالمنتوج تام الصنع داخل تلك النقطة بما ساعدته في امتصاص تأثير العطل في سير عمل خط الإنتاج في تلك الأيام.
- بلغ حجم المخرجات المتحقق خلال مدة الجدولة (20020) زوجاً.
- بلغت نسبة استغلال الطاقة فصلياً (U) (82%).
- بلغ حجم المخرجات المتحقق بالدينار خلال الفصل (91.665) مليون دينار.
- كانت نسبة تحقق خطة الإنتاج (95%).

2- تحليل ومناقشة نتائج التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان":

1- تحليل النتائج لمدد التخطيط الجزئية ولكل محطة عمل: يظهر الجدول (5) حجم المخرجات خلال كل مدة تخطيط جزئية ولمحطات العمل الثلاث.

محطة العمل (1): يظهر الشكل (2) حجم المخرجات لمحطة العمل 1 (فعلي، محاكاة) ولكل مدة تخطيط جزئية؛ اذ يمكن ملاحظة الآتي:

- تباين حجم المخرجات الفعلية ارتفاعا وانخفاضاً من مدة تخطيط جزئية لأخرى، وذلك بسبب تباين ظهور حالات العطل المتعددة في المحطة (2) التي لم تؤثر في حجم المخرجات الفعلية لهذه المحطة فقط، وإنما أثرت في حجم المخرجات لمحطتي العمل (1 و3)، وكذلك ظهور حالات نفاد لبعض أصناف المواد الأولية وعلى طول خط الإنتاج ككل.
- بلغ حجم المخرجات المتحقق عند التشغيل التجريبي (المحاكاة) لمدد التخطيط الجزئية (1، 2، 3، 7) (3150) زوجاً، بينما بلغ حجم المخرجات التجريبي للمدة (4) (3115) زوجاً نتيجة حدوث حالة عطل في المحطة (2) في اليوم (36) من أيام جدولة الإنتاج الرئيسة، مما أثر في حجم المخرجات المتحقق في هذه المحطة لذلك اليوم ليبلغ (280) زوجاً فقط (الجدول رقم 4). كما حدثت حالتا عطل في اليومين (45، 47) لتترك آثارها في مخرجات المدة التخطيطية (5) والتشغيل التجريبي لنظام البطاقتين لها؛ إذ بلغ حجم المخرجات لتلك المدة (3080) زوجاً علماً بأن العطل الواقع في اليوم (45) لم يؤثر في حجم المخرجات المتحقق لذلك اليوم، وكما هو واضح في اليوم (47) ليبلغ حجم المخرجات

في ذلك اليوم (245) زوجاً. كما ان ظهور حالتي عطل في المحطة (2) وفي الأيام (52، 56) ترك أثراً على حجم المخرجات المتحقق عند التشغيل التجريبي لمدة التخطيط (6) لتبلغ (2905) أزواج؛ إذ كان حجم المخرجات لليوم (52) (245) زوجاً، بينما كان تأثير العطل في حجم المخرجات لليوم (56) أكبر؛ إذ بلغت تلك المخرجات (140) زوجاً فقط.

- عند مقارنة حجم المخرجات المتحقق لكل مدة تخطيط جزئية في التشغيل التجريبي مع مثيلاتها في الواقع الفعلي، يتضح جليا تأثير العطلات في حجم المخرجات المتحقق لهذه المحطة. ومع ذلك فان حجم المخرجات المتحقق من التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" كان افضل ولجميع مدد التخطيط الجزئية، مقارنة بالمخرجات المتحققة في الواقع الفعلي، الأمر الذي يبرز قدرة النظام على تحقيق معدلات إنتاج أعلى مما هو عليه في الواقع الفعلي.

محطة العمل (2): يظهر الشكل (3) حجم المخرجات المتحقق فعليا مقارنة بحجم المخرجات المتحقق عند التشغيل التجريبي محسوبا لكل مدة تخطيط جزئية، اذ يمكن ملاحظة الآتي:

- تباين حجم المخرجات المتحقق في الواقع الفعلي من مدة تخطيط جزئية لأخرى، وللأسباب الموضحة في التحليل الخاص بالمحطة (1).
- حجم المخرجات المتحقق عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" للمدة التخطيطية (1) بلغ (2940) زوجاً. وذلك عائد إلى ظهور حالة عطل في اليوم (8) أثرت بدورها في حجم المخرجات المتحقق لذلك اليوم ليبلغ (245) زوجاً، يضاف إلى ذلك ظهور حالة من نفاد الخزين في اليوم (5) أثرت أيضاً على حجم المخرجات لذلك اليوم ليبلغ (175) زوجاً فقط (الجدولان 3 و4)، فيما بلغ حجم المخرجات للمدتين (2 و3) (2870) زوجاً بسبب نفاد الخزين في الأيام (13، 18، 23، 28)، الأمر الذي تطلب ملء نقطة الخزن (1) بالحاويات المملوءة، وعليه أصبح حجم المخرجات في تلك الأيام (175) زوجاً (نقطة الخزن-1- تحتاج إلى 140 زوجاً لملئها)؛ في حين شهدت المدة (4) حالتي نفاد للخزين في اليومين (33، 40)؛ إذ بلغ حجم المخرجات (175) زوجاً و(210) أزواج على التوالي، فضلاً عن ظهور حالة عطل في اليوم (36) أثرت على حجم المخرجات لذلك اليوم ليبلغ (210) أزواج، وبلغ حجم المخرجات لتلك المدة (2800) زوج.

أما المدة (5) فقد شهدت حالتي عطل في اليومين (45، 47) أثرت في حجم المخرجات المتحقق لهذين اليومين ليبلغ (175) زوجاً و(210) أزواج على التوالي. يضاف إلى ذلك ظهور حالة نفاد في الخزين في اليوم (50) ليبلغ حجم المخرجات فيه (245) زوجاً، وبلغ حجم المخرجات لهذه المدة (2835) زوجاً. بينما ظهرت في المدة (6) حالتا عطل في اليومين (52، 56) أثرتا في حجم مخرجات كل منهما ليبلغ (210) و(140) زوجاً على التوالي، يضاف إلى ذلك ظهور حالتي نفاد في الخزين في اليومين (55، 58) أثرتا بدورهما على حجم المخرجات لهذين اليومين ليبلغ (245، 80) زوجاً على التوالي؛ إذ بلغ حجم المخرجات خلال تلك المدة (2765) زوجاً. كما لم تظهر في المدة الأخيرة (7) حالات عطل ولكن ظهرت في المقابل حالات نفاد في الخزين في اليومين (63، 68) أثرت بدورها على حجم المخرجات ليبلغ (175) زوجاً لكل يوم، وبلغ حجم المخرجات لتلك المدة (2870) زوجاً فقط.

- عند مقارنة حجم المخرجات المتحقق لكل مدة تخطيط جزئية في التشغيل التجريبي مع مثيلاتها في الواقع الفعلي، يتضح جليا تأثير العطلات في حجم المخرجات المتحقق لهذه المحطة. ومع ذلك تبقى نتائج التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" افضل مقارنة بالمخرجات المتحققة بالواقع الفعلي؛ إذ كانت اقل كمية مخرجات متحققة في التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" (2765) زوجاً، وهي قريبة من أعلى كمية مخرجات متحققة في الواقع الفعلي لمجتمع الدراسة (2788) زوجاً، الأمر الذي يؤكد مرة أخرى أفضلية نظام البطاقتين "كانبان" وتفوقه في تحقيق مستوى أداء أعلى من الممارسات الحالية لتنفيذ عملية الإنتاج.

الجدول رقم (3): مستويات الخزين تحت الصنع وتام الصنع في كل نقطة خزن عند التشغيل التجريبي (باستخدام المحاكاة) لنظام البطاقتين "كانبان"

اليوم	النقطة 1 (زوج)	النقطة 2 (زوج)	النقطة 3 (زوج)	اليوم	النقطة 1 (زوج)	النقطة 2 (زوج)	النقطة 3 (زوج)
1	105	280	385	36	140	105	350
2	70	245	385	37	105	70	350
3	35	210	385	38	70	35	350
4	0	175	385	39	35	0	350
5	140	315	350	40	140	210	350
6	105	280	350	41	105	175	350
7	70	245	350	42	70	140	350
8	140	140	350	43	35	105	350
9	105	105	350	44	0	70	350
10	70	70	350	45	140	245	350
11	35	35	350	46	105	210	350
12	0	0	350	47	140	70	350
13	140	175	350	48	105	35	350
14	105	140	350	49	70	0	350
15	70	105	350	50	140	245	350
16	35	70	350	51	105	210	350
17	0	35	350	52	140	70	350
18	140	210	350	53	105	35	350
19	105	175	350	54	70	0	350
20	70	140	350	55	140	245	350
21	35	105	350	56	140	35	350
22	0	70	350	57	105	0	350
23	140	245	350	58	140	280	350
24	105	210	350	59	105	245	350
25	70	175	350	60	70	210	350
26	35	140	350	61	35	175	350
27	0	105	350	62	0	140	350
28	140	280	350	63	140	315	350
29	105	245	350	64	105	280	350
30	70	210	350	65	70	245	350
31	35	175	350	66	35	210	350
32	0	140	350	67	0	175	350
33	140	315	350	68	140	315	350
34	105	280	350	69	105	280	350
35	70	245	350	70	70	245	350

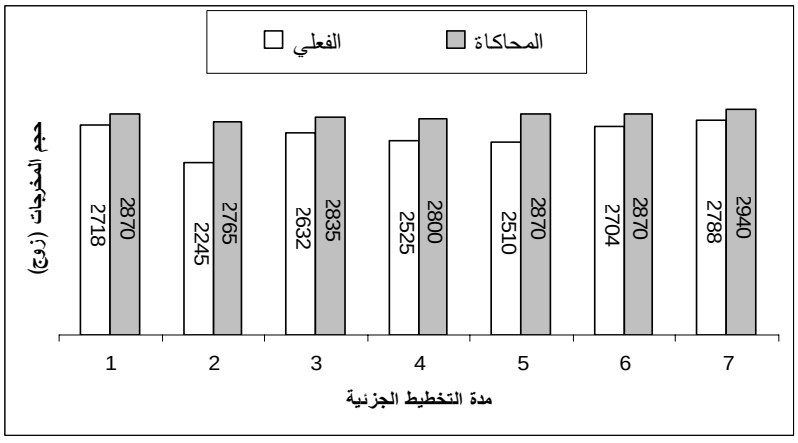
الجدول رقم (4): حجم المخرجات (زوج) لكل محطة عمل عند التشغيل التجريبي (باستخدام المحاكاة) لنظام البطاقتين "كانبان"

اليوم	المحطة 1	المحطة 2	المحطة 3	الملاحظات	اليوم	المحطة 1	المحطة 2	المحطة 3	الملاحظات
1	315	315	350		36	280	210	350	حالة عطل
2	315	315	350		37	315	315	350	
3	315	315	350		38	315	315	350	
4	315	315	350		39	315	315	350	
5	315	175	35	سحب حاوية واحدة فقط	40	315	210	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن
6	315	315	350		41	315	315	350	
7	315	315	350		42	315	315	350	
8	315	245	350	حالة عطل	43	315	315	350	
9	315	315	350		44	315	315	350	
10	315	315	350		45	315	175	0	حالة عطل
11	315	315	350		46	315	315	350	
12	315	315	350		47	245	210	350	حالة عطل
13	315	175	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن	48	315	315	350	
14	315	315	350		49	315	315	350	
15	315	315	350		50	315	245	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن
16	315	315	350		51	315	315	350	
17	315	315	350		52	245	210	350	حالة عطل
18	315	175	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن	53	315	315	350	
19	315	315	350		54	315	315	350	
20	315	315	350		55	315	245	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن
21	315	315	350		56	140	140	350	حالة عطل
22	315	315	350		57	315	315	350	
23	315	175	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن	58	315	280	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن
24	315	315	350		59	315	315	350	
25	315	315	350		60	315	315	350	
26	315	315	350		61	315	315	350	
27	315	315	350		62	315	315	350	
28	315	175	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن	63	315	175	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن

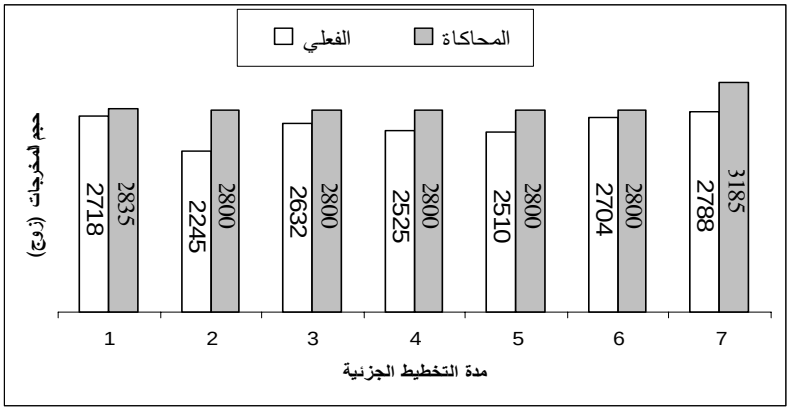
29	315	315	350		64	315	315	350	
30	315	315	350		65	315	315	350	
31	315	315	350		66	315	315	350	
32	315	315	350		67	315	315	350	
33	315	175	0	لا يوجد سحب لملئ نقاط الخزن	68	315	175	35	سحب حاوية واحدة فقط
34	315	315	350		69	315	315	350	
35	315	315	350		70	315	315	350	

الجدول رقم (5): حجم المخرجات خلال كل مدة تخطيط جزئية (زوج)

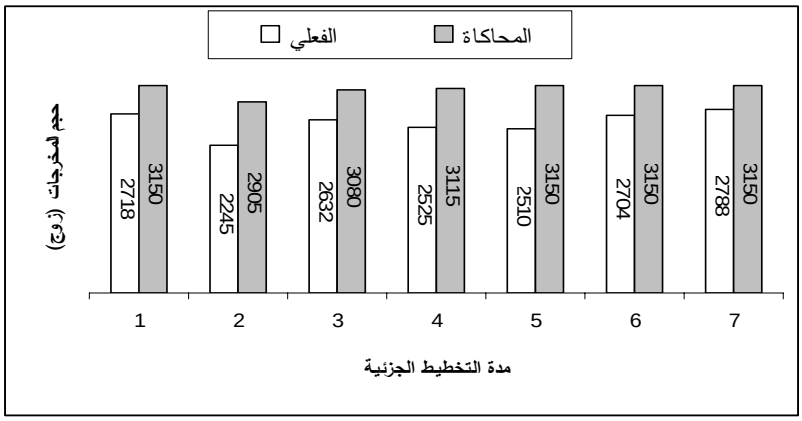
المدة التخطيطية	المحطة (1)		المحطة (2)		المحطة (3)	
	الفعلي	المحاكاة	الفعلي	المحاكاة	الفعلي	المحاكاة
1	2788	3150	2788	2940	2788	3185
2	2704	3150	2704	2870	2704	2800
3	2510	3150	2510	2870	2510	2800
4	2525	3115	2525	2800	2525	2800
5	2632	3080	2632	2835	2632	2800
6	2245	2905	2245	2765	2245	2800
7	2718	3150	2718	2870	2718	2835
Σ	18122	21700	18122	19950	18122	20020



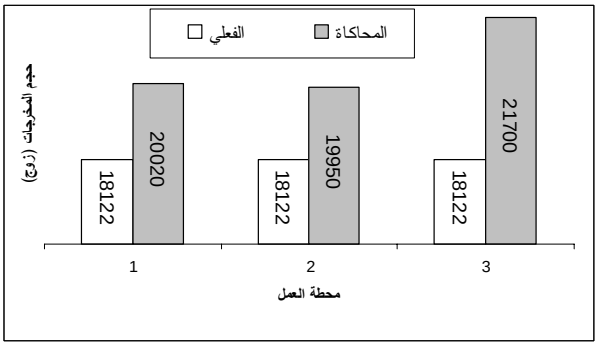
الشكل رقم (2): حجم مخرجات محطة العمل (1) محسوباً لكل مدة تخطيط جزئية عند التشغيل التجريبي مقارنة بالفعلي



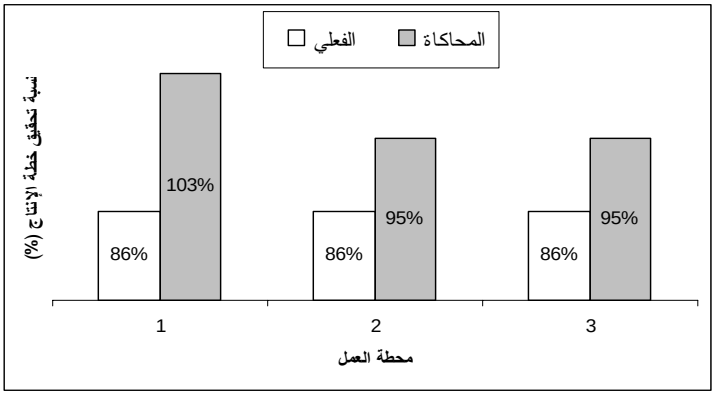
الشكل رقم (3): حجم المخرجات لمحطة العمل (2) محسوباً لكل مدة تخطيط جزئية عند التشغيل التجريبي مقارنة بالفعلي



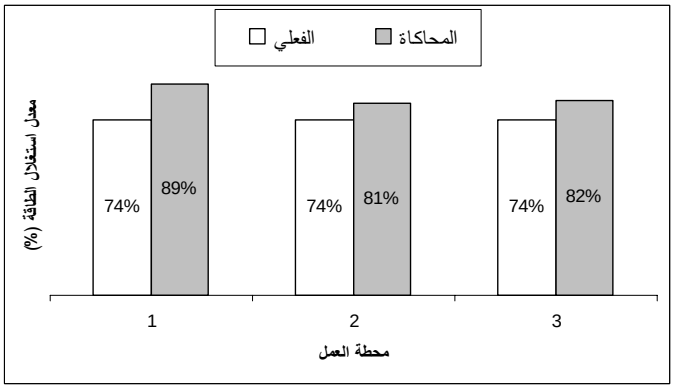
الشكل رقم (4): حجم المخرجات لمحطة العمل (3) محسوباً لكل مدة تخطيط جزئية عند التشغيل التجريبي مقارنة بالفعلي



الشكل رقم (5): حجم المخرجات لفترة التخطيط لمحطات العمل الثلاث عند التشغيل التجريبي مقارنة بالفعلي



الشكل رقم (6): نسب تحقيق خطة الإنتاج لفترة التخطيط الكلية لمحطات العمل الثلاث عند التشغيل التجريبي مقارنة بالفعلي



الشكل (7) نسب استغلال الطاقة لفترة التخطيط لمحطات العمل الثلاث عند التشغيل التجريبي مقارنة بالفعلي

محطة العمل (3): يظهر الشكل رقم (4) حجم المخرجات المتحقق فعليا مقارنة بالتشغيل التجريبي محسوبا لكل مدة تخطيط جزئية، وعلى النحو الآتي:

• تباين حجم المخرجات الفعلي لكل مدة تخطيط جزئية، وللأسباب التي جرى توضيحها في التحليل الخاص بالمحطتين (1 و2).

• بلغ حجم المخرجات المتحقق عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" خلال المدة الأولى (3185) زوجاً، وذلك يعود إلى تخصيص اليوم (5) لملء نقاط الخزن، وقد كان حجم المسحوب من المحطة في ذلك اليوم (35) زوجاً فقط. وعلى الرغم من ظهور حالة عطل في اليوم (8) من تلك المدة، إلا أنها لم تؤثر على حجم المخرجات في ذلك اليوم ليحافظ على مستوى (350) زوجاً، وذلك عائد لتوفر حاويات مملوءة بالمنتوج تام الصنع في نقطة الخزن (3) ساهمت في امتصاص تأثير العطل على حجم المخرجات المتحقق. بلغ حجم المخرجات للمدد(2، 3، 4، 5، 6) (2800) زوج لكل منها، وذلك بسبب تخصيص الأيام (13، 18، 23، 28، 33، 40، 50، 55، 58) لملء نقاط الخزن بين المحطات، الأمر

الذي يستوجب توقف المحطة (3) عن العمل ليبلغ حجم مخرجاتها في تلك الأيام (صفراً). ولم تتأثر هذه المحطة بحالات العطل الواقع في المحطة (2) ضمن أيام العمل للمدة المذكورة باستثناء حالة العطل الواقعة في اليوم (45)؛ إذ بلغت مخرجات المحطة (3) في ذلك اليوم (صفراً)، كما ساهم توافر خزين تحت الصنع ضمن المحطة (3) في امتصاص تأثير العطلات الظاهرة في المحطة (2). حالة العطل التي ظهرت في اليوم (36) ضمن المدة (4) لم يكن لها تأثير كسابقتها على حجم المخرجات اليومي للمحطة (3)، وقد جرى في المدة (7) تخصيص اليومين (63، 68) لملء نقاط الخزن بين المحطات، ليبلغ حجم المخرجات المتحقق لهذين اليومين (0، 35) زوجاً على التوالي. وقد بلغ حجم المخرجات التجريبي خلال المدة (2835) زوجاً.

2- تحليل نتائج مدة التخطيط الكلية (فصليا): يمكن تلخيص نتائج التحليل بالآتي:

- ان حجم المخرجات المتحقق بالوحدات في التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" ولكل محطة عمل، كان أعلى من حجم المخرجات المتحقق في الواقع الفعلي وعلى وفق ما يظهر في الشكل (5)، الذي يوضح أن حجم المخرجات المتحقق عند التشغيل التجريبي (20020) زوجاً، يقابله (18122) زوجاً في الواقع الفعلي.
- بناءً على ما سبق فان زيادة حجم المخرجات في التشغيل التجريبي أدت إلى زيادة في حجم الإيرادات المتحققة مقارنة بالإيرادات المتحققة في الواقع الفعلي؛ إذ بلغ حجم الإيرادات (90.090) مليون دينار في التشغيل التجريبي مقابل(81.549) مليون دينار تحققت في الواقع الفعلي.

ان تحقيق هذه الكميات العالية من المخرجات عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" مقارنة بالواقع الفعلي لا يمكن اعتباره الحالة المثالية من التطبيق التجريبي. وتعود أسباب ذلك إلى ظهور العديد من حالات النفاد في ذلك الخزين الناتجة عن الاختلافات في أوقات التشغيل بين محطات العمل، بالإضافة إلى ظهور حالات العطل في المحطة (2)، الأمر الذي يعني أن نتائج إضافية افضل يمكن أن يحققها نظام البطاقتين "كانبان" متى أدخلت برامج التحسين اللازمة لإزالة تأثير الاختلاف في أوقات التشغيل من جهة، والعطلات الظاهرة في المحطة (2) من جهة أخرى.

- بلغ حجم المخزون تام الصنع آخر المدة (نهاية الفصل) عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" (350) زوجاً مقارنة بـ(417) زوجاً في الواقع الفعلي*. كما ان الاستمرار بتنفيذ خطة الإنتاج للفصول اللاحقة من عام (2000) سيحافظ على المستويات نفسها من المخزون تام الصنع آخر المدة (350) زوجاً؛ إذ بلغت تكاليف خزين نهاية المدة عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان" في المعمل مبلغاً إجمالياً مقداره (1.4) مليون دينار، بينما بلغ رصيد الخزين تام الصنع آخر المدة في الواقع الفعلي (1665) زوجاً بتكلفة إجمالية قدرها (6.66) مليون دينار. وهو ما يضيف ميزة إيجابية أخرى لنظام البطاقتين "كانبان" يتفوق من خلالها على الممارسات المعتمدة في تنفيذ عملية الإنتاج في الواقع الفعلي.
- ارتفاع نسب تحقق خطة الإنتاج عند التشغيل التجريبي لجميع محطات العمل؛ إذ بلغت تلك النسب (103%) للمحطة (1) و(95%) للمحطتين (2 و3)، بينما استقرت نسبة تحقق خطة الإنتاج عند (86%) في الواقع الفعلي لمحطات العمل الثلاث، الأمر الذي يعطي أفضلية لنظام البطاقتين "كانبان" مقارنة بذلك الواقع. إن ارتفاع نسب تحقق خطة الإنتاج في التشغيل التجريبي يبرز حقيقة مفادها إن حالات النفاد في الخزين عند هذا التشغيل قد انخفض تأثيرها لوجود حالات عطل تستثمر أحيانا لتعويض حالات النفاد في الخزين. إن الشكل رقم (6) يوضح مقارنة بين نسب تحقق خطة الإنتاج لكل محطة عمل.
- يظهر الشكل رقم (7) نسب استغلال الطاقة لكل محطة عمل؛ إذ يلاحظ تفاوتها عند التشغيل التجريبي والعائد إلى تأثير نفاد الخزين وحالات العطل الظاهرة في المحطة (2). وحققت جميع محطات العمل عند التشغيل التجريبي نسب

---

*لم تُتَح للباحثين إمكانية مقارنة الخزين تحت الصنع (WIP) لكل محطة عمل بين الواقع الفعلي مع التجريبي، وذلك لعدم توفر بيانات حول ذلك الخزين لدى الشركة.

استغلال أعلى مما هي عليه في الواقع الفعلي.

3- النتائج

1. أظهر نظام البطاقتين "كانبان"عند التشغيل التجريبي باستخدام المحاكاة، القدرة على تحقيق نتائج أفضل مما هو عليه في الواقع الفعلي للمعمل. وهذا يشير إلى تفوقه على الأساليب المتبعة في التخطيط والسيطرة على الإنتاج المستخدمة من قبل المعمل. ولقد تمثل هذا التفوق في الآتي:

•ارتفاع حجم المخرجات المتحقق خلال مدد التخطيط الجزئية بنسبة (14.2%) مقارنة بالنتائج الفعلية التي حققها المعمل والبالغة (2788) زوجاً.

• زيادة الإيرادات إلى (90.090) مليون دينار أي بنسبة (10.5%) مقارنة بالإيرادات الفعلية التي حققها المعمل والبالغة (81.549) مليون دينار.

• تخفيض مستويات المخزون من (416) زوجاً إلى (350) زوجاً أي بنسبة (19%).

• تخفيض تكاليف الاحتفاظ بالخزين بنسبة (20.4%).

2. ظهر أن نظام البطاقتين "كانبان" والنتائج التي يحققها قد تأثرت كثيراً بحالات نفاد الخزين الناتجة عن عدم توازن خط الإنتاج، بسبب اختلاف أوقات التشغيل بين محطات العمل؛ إذ أثر ذلك على حجم المخرجات المتحقق يومياً قياساً بالكميات المسحوبة يومياً، وبشكل خاص في محطتي العمل (1، 2).
3. ظهر أن نظام البطاقتين "كانبان" يتأثر كثيراً بحالات العطل التي حصلت في محطة العمل (2)، الذي انعكس بدوره على انخفاض حجم المخرجات المتحقق لتلك المحطة. وهذا يؤكد الحاجة إلى وضع برامج للتحسين ومنع وقوع الأخطاء لغرض تحقيق توازن النظام وعند ذاك يمكن اختبار تخفيض عدد البطاقتين لاكتشاف مناطق ضعف أخرى بهدف معالجتها وهكذا.
4. ان النتائج الإيجابية لعملية تشغيل نظام البطاقتين "كانبان" أبرزت حقيقة مفادها أن هذا النظام هو وسيلة فعالة لتحسين الأداء ورفع مستوى استغلال الطاقة المتاحة؛ إذ سلطت تلك النتائج الضوء على استخدام المحاكاة أداة تحليلية فعالة للتجريب وتوفير البدائل لاتخاذ القرارات في بيئة مضطربة كبيئة التصنيع العراقية.
5. لا تشكل النتائج الإيجابية المتحققة أعلاه الحالة المثالية من تشغيل نظام البطاقتين "كانبان" بشكله التجريبي، وذلك بسبب:
   - تباين أوقات التشغيل وعدم توازنها بين محطات العمل.
   - حالات العطل العديدة الظاهرة في محطة العمل (2).
6. يحقق استخدام نظام البطاقتين "كانبان" كوسيلة للسيطرة على الإنتاج والخزين مزايا إيجابية أخرى في مجال الجودة، وذلك من خلال تشديده على مبدأ المعيب الصفري خلال عملية الإنتاج، حيث لا يسمح بانتقال المواد أو الأجزاء داخل خط الإنتاج ما لم تكن ذات جودة (100%) قياساً بنسبة التلف العالية الظاهرة في الواقع الفعلي والبالغة (10.4%).

4- الاستنتاجات والمقترحات

4-1- الاستنتاجات

- ظهر أن نظام البطاقات "كانبان" يمكن أن يعتمد وسيلة لتحقيق نتائج أفضل مقارنة بما حققه المعمل عينة البحث في نظام الإنتاج المتبع حالياً في المعمل (7) وفقاً لمقاييس الأداء التي اعتمدت في هذا البحث ورغم التأثير السلبي لحالات نفاد المخزون وعطلات المكائن على أداء النظام.
- باستخدام نظام البطاقات "كانبان" تتضح أهمية وجود برامج تحسين لمعالجة حالات نفاد المخزون واختلاف أوقات التشغيل بين محطات العمل، ومعالجة عطلات المكائن حيث ينعكس تأثير تلك المعالجة على تحقيق مستويات أداء أفضل.

4-2- المقترحات

من خلال العرض المتقدم للاستنتاجات الخاصة بالواقع الفعلي والتشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان"، وما حققه من نتائج إيجابية، يمكن إيراد المقترحات الآتية:

1. تكييف المعمل 7 عينة البحث من خلال الآتي:
   - تخطيط الإنتاج وفقاً لنظام البطاقتين "كانبان"، وذلك من

خلال إعداد جدولة الإنتاج الرئيسة بأفق زمني ثابت أمده ثلاثة أشهر وترجمتها في جداول للتجميع النهائي أمدها (عشرة أيام).

- إعادة النظر بالترتيب الداخلي للمعمل في ضوء الإجراء الذي اتخذ في هذا البحث، وعلى النحو الآتي:

- استحداث مناطق خزين أمام كل محطة عمل تتكون من جزأين. يمثل الجزء الأول نقطة الخزن للداخل لمحطة العمل، بينما يمثل الجزء الثاني نقطة الخزن للخارج لنفس المحطة. يحوي الجزء الأول حاويات مملوءة بالأجزاء أو المواد الأولية تحمل بطاقة حركة، بينما يحتوي الجزء الثاني على حاويات مملوءة بالأجزاء أو المواد التي تم التعامل معها "مخرجات المحطة" وتحمل بطاقة إنتاج.
- إعادة توزيع محطات العمل، ليمثل كل قسم إنتاج داخل المعمل محطة عمل، وذلك لتسهيل حساب أوقات عمليات التشغيل.

- حساب عدد الحاويات في مناطق الخزين أمام محطات العمل بالاعتماد على أوقات عمليات التشغيل.

- استخدام منطق نظام البطاقتين "كانبان" في تنفيذ عمليات السحب بين محطات العمل، وفق مواعيد تحدد لهذا الغرض.

2. بناء نظام معلومات مبرمج على الحاسب الإلكتروني، مع الاهتمام بتوثيق البيانات خاصة تلك المتعلقة بتنفيذ خطة الإنتاج (كتوفير البيانات ذات العلاقة بكمية الطلب والأفق الزمني للجدولة، ومستوى الجودة المطلوب، ومستوى التدريب المطلوب، وحالات العطل وعدد مرات حدوثها وأوقات وتكاليف إصلاحها، وحالات نفاد المواد الأولية وأوقاتها، ... الخ).
3. الاهتمام ببرامج الصيانة الوقائية وتركيز برامجها على قسم الخياطة، وذلك لتقليل حالات العطل الظاهرة في تلك المحطة وصولاً لربط تلك البرامج بنظام البطاقتين "كانبان".
4. الدعم والإسناد المباشر والمستمر من قبل الإدارة العليا لعملية تطبيق نظام البطاقتين "كانبان"، وذلك باختيار فريق التنفيذ الريادي (Pilot Team) المتكون من (5) أعضاء الى (15) عضواً، من أقسام ضبط الجودة، والتصميم، والتسويق، والمشتريات، وصرف المواد، ودراسة الوقت، وإدارة الإنتاج في المعمل.
5. زيادة الاهتمام بجهود التنسيق بين الأقسام، وخاصة بين أقسام الإنتاج والتسويق وصرف المواد. وهذا يتطلب استخدام الحاسوب الإلكتروني لبرمجة نظام المعلومات المشار إليه في المقترح (2)، مع تحديثه بالبيانات اللازمة أولاً بأول لضمان الفاعلية والسرعة لعملية التنسيق.
6. زيادة الاهتمام بنشاط ضبط الجودة داخل الشركة، من خلال الآتي:

- زيادة عدد العاملين في هذا النشاط، من خلال الاستعانة بفاحصي جودة أكفاء متخصصين.
- تطوير قابليات وقدرات الكادر الحالي، بتدريبهم على أساليب السيطرة الإحصائية على العملية.
- تطوير وسائل الفحص النوعي الحالية، من خلال توفير معدات جديدة تضمن استخدام تقنيات ومعدات جديدة وعدم الاكتفاء بالفحص البصري في أداء وضبط الجودة.

7. تبني الشركة برامج تحسين فعالة تساهم في رفع مستوى الأداء الحالي للشركة، لتحقيق نتائج أفضل من النتائج المتحققة عند التشغيل التجريبي لنظام البطاقتين "كانبان"؛ إذ يمكن تعظيم تلك النتائج من خلال تبني الشركة برامج تحسين وفق أسس مدروسة تكفل التخفيض التدريجي لتأثير متغيرات البحث، وتسهل عملية الأخذ التدريجي بالجوانب الأخرى من فلسفة JIT، مع مراعاة التركيز على:

- الأخذ بمفهوم حلقات الجودة وتنشيطه من خلال دعم هذه الحلقات وتطويرها والعمل بمقترحاتها كونها أداة تطويرية فعالة، مع أخذ التخطيط الجيد والسليم لها بنظر الاعتبار.

- دراسة تدفق عمليات خط الإنتاج لغرض:

- اختزال بعض العمليات التي لا تضيف قيمة للمنتوج (التأخير، النقل، الخزن، الفحص)؛ إذ يلاحظ ارتفاع نسبة تلك العمليات من إجمالي عدد العمليات الموجودة داخل خط الإنتاج.
- محاولة تخفيض أوقات التشغيل لبعض عمليات الإنتاج في محطات العمل، من خلال تطوير الترتيب الداخلي الحالي، أو من خلال إعادة تصميم العملية لتصب في

اتجاهات مثل تحسين أداء المكائن باتباع برامج صيانة وقائية أو بالبحث عن مكونات جديدة أكثر كفاءة من الحالية.

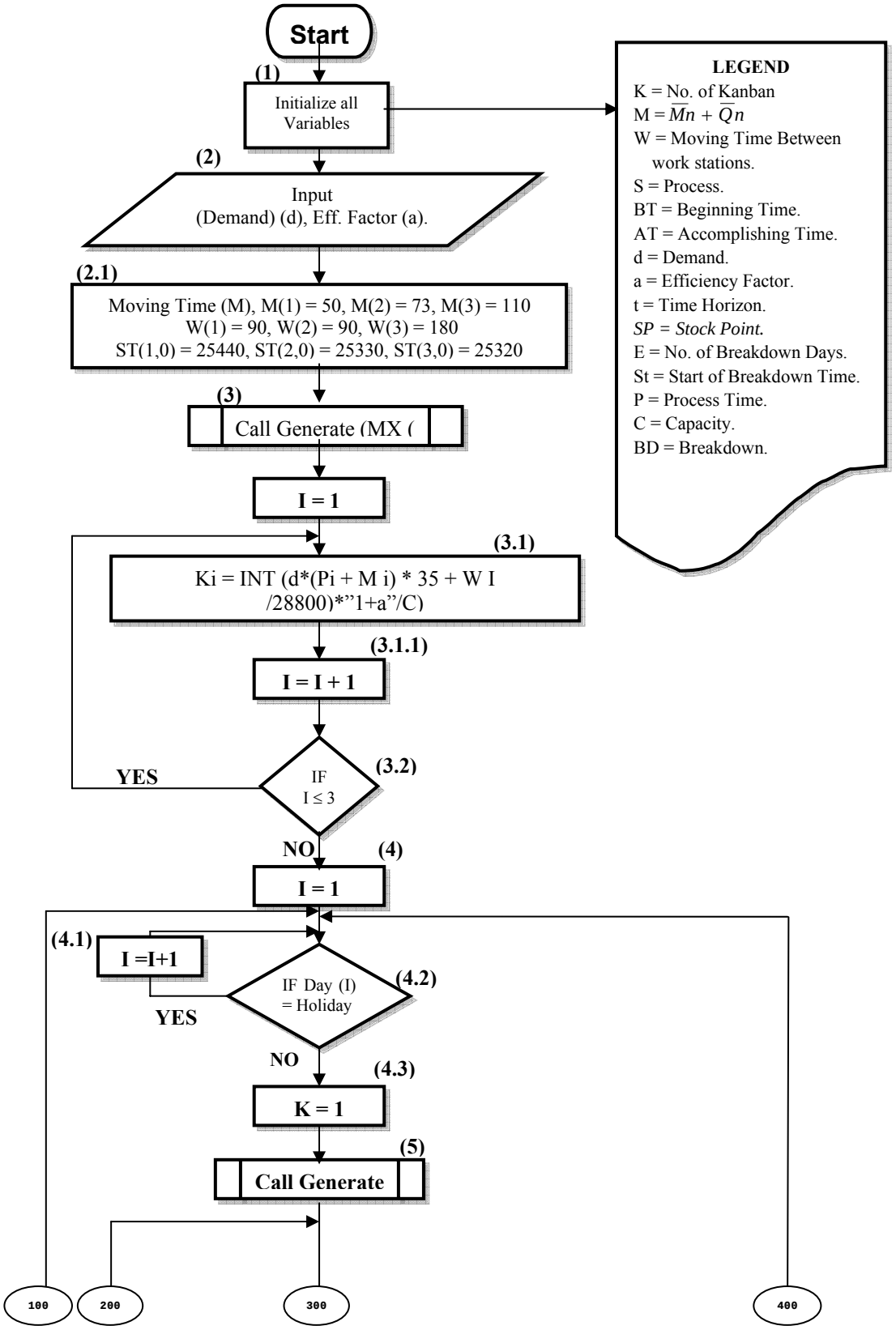
8. في ضوء المحددات الحالية لهذا البحث نقترح القيام بالبحوث والدراسات المستقبلية الآتية:

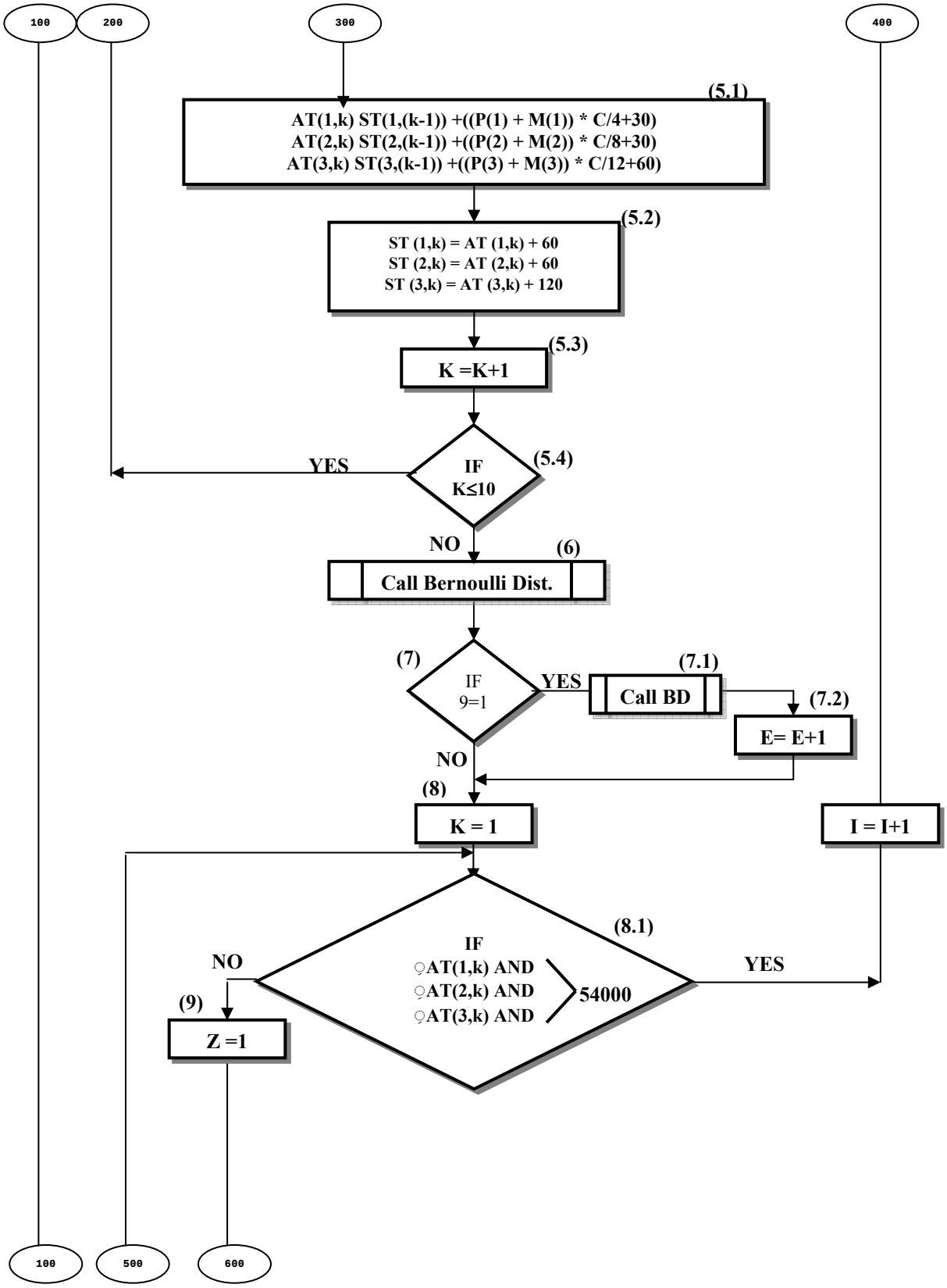
- تطبيق نموذج البحث وبرنامجه على نفس المعمل ولكن لجميع الموديلات، لاقتصار الدراسة الحالية على موديل واحد، توافرت فيه خصائص المنتوج الريادي.
- إعداد دراسة تتناول تطبيق نموذج البحث وبرنامجه على نفس المعمل لاختبار نتائج تخفيض إعداد بطاقات "كانبان"، بهدف تخفيض مستويات الخزين بكافة أنواعه بين محطات العمل وبشكل أقل مما هو عليه الآن، وذلك لدراسة سلوك أداء نظام البطاقتين "كانبان" والمشاكل التي ستصاحب ذلك التخفيض، لإعطاء تصور حول طبيعة المعوقات التي ستواجه النظام سعياً لحلها في المستقبل.
- إعداد دراسة تتناول تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" في معامل أخرى داخل الشركة، وعلى وجه الخصوص (معمل الأحذية العسكرية) باستخدام نموذج البحث الحالي وبرنامجه، مع ملاحظة تحديثه بالبيانات اللازمة.
- دراسة تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" وفلسفة JIT في صناعات أخرى بواسطة استخدام المحاكاة، وذلك في صناعات بيئة إنتاج متكرر مثل الصناعات الإنشائية والصناعات الكهربائية.
- تجريب تطبيق نظام البطاقتين "كانبان" وفلسفة JIT في مصانع للإنتاج حسب الطلب (Job Shop) باستخدام المحاكاة، وذلك بعد جدولة عمليات تلك المصانع وفق قواعد وأسبقيات جدولة واضحة المعالم.

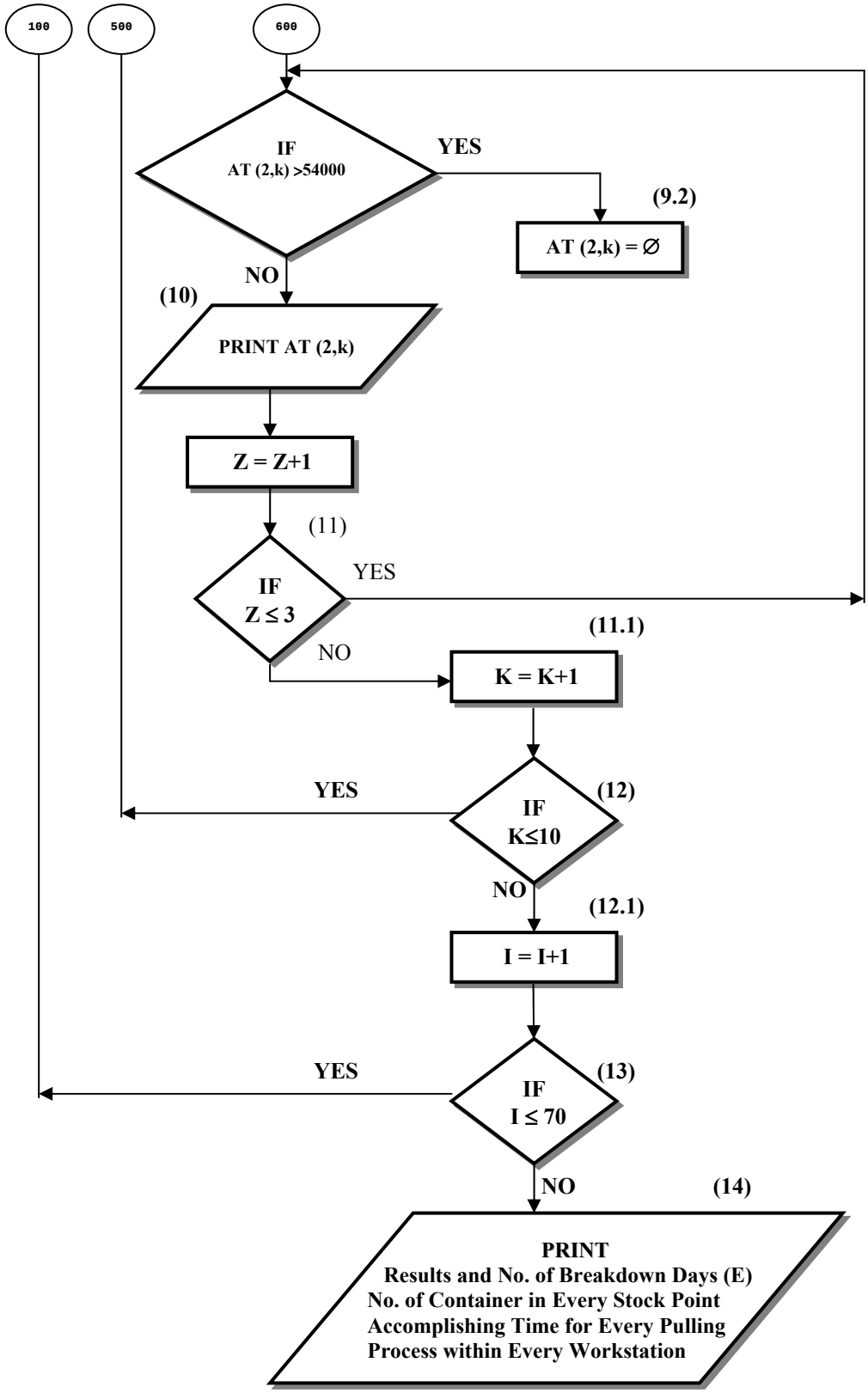
الملحق (A): المتغيرات الداخلة في برنامج محاكاة خط الإنتاج

الرمز	المتغير
K	عدد الحاويات (بطاقات كانبان).
M	متوسط وقت الحركة بين العمليات $(\overline{Mn})$ مضافاً إليه وقت الانتظار داخل محطة العمل $(\overline{Qn})$.
W	وقت الحركة بين محطة العمل ونقطة الخزن ذهاباً وإياباً $(\overline{W})$.
S	عملية التشغيل.
ST	وقت بدء العمل داخل المحطة (Starting Time).
AT	وقت إكمال العمل داخل المحطة (Accomplishing Time).
D	الطلب.
a	عامل الكفاءة.
t	الأفق الزمني لجدولة الإنتاج الرئيسة.
SP	نقطة الخزن بين محطتي عمل.
E	عدد أيام العطل.
Sb	وقت بدأ العطل (Start of Breakdown) في يوم العطل.
P	وقت التشغيل داخل كل محطة عمل.
C	سعة الحاوية القياسية.
BD	البرنامج الفرعي الخاص بحساب أوقات العطل.

الملحق (B) المخطط الانسيابي لعملية محاكاة خط الإنتاج في المعمل (7)




100
200
300
400
(5.1)
AT(1,k) ST(1,(k-1)) +((P(1) + M(1)) * C/4+30)
AT(2,k) ST(2,(k-1)) +((P(2) + M(2)) * C/8+30)
AT(3,k) ST(3,(k-1)) +((P(3) + M(3)) * C/12+60)
(5.2)
ST (1,k) = AT (1,k) + 60
ST (2,k) = AT (2,k) + 60
ST (3,k) = AT (3,k) + 120
(5.3)
K =K+1
YES
IF
K≤10
(5.4)
NO
(6)
Call Bernoulli Dist.
(7)
IF
9=1
YES
(7.1)
Call BD
(7.2)
E= E+1
NO
(8)
K = 1
I = I+1
(8.1)
IF
AT(1,k) AND
AT(2,k) AND
AT(3,k) AND
54000
NO
YES
(9)
Z =1
100
500
600


100
500
600
IF
AT (2,k) >54000
YES
(9.2)
AT (2,k) = ∅
NO
(10)
PRINT AT (2,k)
Z = Z+1
(11)
IF
Z ≤ 3
YES
NO
(11.1)
K = K+1
YES
IF
K≤10
(12)
NO
(12.1)
I = I+1
YES
IF
I ≤ 70
(13)
NO
(14)
PRINT
Results and No. of Breakdown Days (E)
No. of Container in Every Stock Point
Accomplishing Time for Every Pulling
Process within Every Workstation

الملحق (C): برنامج محاكاة خط الإنتاج في المعمل (7) – الشركة العامة للصناعات الجلدية (بلغة Q-Basic)

```
DECLARE SUB id (AT!( ), E)
DECLARE SUB unif (L!, U!, x!)
DECLARE SUB ber (a!, x!)
DECLARE SUB poi (z!, x!)
DECLARE SUB gamma (N!, b!, X!)
DECLARE SUB gen (C1!, MX !( ))
CLS
OPEN "D:\ali.txt" FOR OUTPUT AS #1
DIM k1, k2, k3 AS INTEGER
DIM M(3), w(3), S(24) AS SINGLE
DIM MX(24), MX1(24), X(24) AS DOUBLE
DIM x1 AS DOUBLE
DIM ST(3, 12), AT(3, 10)
INPUT "Demand"; d
'INPUT " Time Horizon"; t
INPUT "Eff. Factor"; a
 C = d / 10
M(1) = 50: w(1) = 90
M(2) = 73: w(2) = 90
M(3) = 110: w(3) = 180
RANDOMIZE (22)
CALL gen(1, MX( ))
FOR i = 1 TO 4
 P(1) = P(1) + MX(i)
NEXT
FOR i = 5 TO 12
 P(2) = P(2) + MX(i)
NEXT
FOR i = 13 TO 24
 P(3) = P(3) + MX(i)
NEXT
k1 = INT((d * (((P(1) + M(1)) * 35 + w(1)) / 28800) * (1 + a)) / C)
k2 = INT((d * (((P(2) + M(2)) * 35 + w(2)) / 28800) * (1 + a)) / C)
k3 = INT((d * (((P(3) + M(3)) * 35 + w(3)) / 28800) * (1 + a)) / C)
PRINT "NO. of Kanban Continers in a stock point: "; "SP(1)="; k1; ":SP(2)="; k2; ":SP(3)="; k3
FOR i = 1 TO 87
PRINT "Day"; i;
IF i = 1 OR i = 6 OR i = 7 OR i = 14 OR i = 21 THEN PRINT " Is a Holiday ": GOTO 100
IF i = 28 OR i = 35 OR i = 39 OR i = 42 THEN PRINT " Is a Holiday ": GOTO 100
IFi = 49 OR i = 56 OR i = 63 OR i = 70 THEN PRINT " Is a Holiday ": GOTO 100
IF i = 77 OR i = 81 OR i = 84 OR i = 87 THEN PRINT "Is a Holiday ": GOTO 100
ST(1, 0) = 25440
ST(2, 0) = 25380
ST(3, 0) = 25320
```

```
PRINT
FOR k = 1 TO 10
P(1) = 0: P(2) = 0: P(3) = 0
CALL gen(1, MX())
'STOP
FOR j = 1 TO 4
P(1) = P(1) + MX(j)
NEXT j
AT(1, k) = ST(1, (k - 1)) + ((P(1) + M(1)) * C / 4 + 30)
FOR j = 5 TO 12
P(2) = P(2) + MX(j)
NEXT j
AT(2, k) = ST(2, (k - 1)) + ((P(2) + M(2)) * C / 8 + 30)
FOR j = 13 TO 24
P(3) = P(3) + MX(j)
NEXT j
AT(3, k) = ST(3, (k - 1)) + ((P(3) + M(3)) * C / 12 + 60)
ST(1, k) = AT(1, k) + 60
ST(2, k) = AT(2, k) + 60
ST(3, k) = AT(3, k) + 120
NEXT k
CALL ber(.2, q)
IF q = 1 THEN CALL id(AT(), E): ' E = E + 1
PRINT " AT(1)"; " "; "AT(2)"; " "; " AT(3)"
PRINT " _____"; " "; "_____"; " "; " _____"
FOR k = 1 TO 10
IF AT(1, k) > 54000 AND AT(2, k) > 54000 AND AT(3, k) > 54000 THEN GOTO 100
FOR z = 1 TO 3
v = 0: l = 0: f = 0
IF AT(z, k) > 54000 THEN AT(z, k) = 0
v = INT(AT(z, k) / 3600): l = (AT(z, k) MOD 3600) / 60: f = (l - INT(l)) * 60
PRINT #1, AT(z, k); ";";
PRINT USING "##"; v;: PRINT ":";
PRINT USING "##"; INT(l);: PRINT ":";
PRINT USING "##"; f;: PRINT " ";
NEXT z
PRINT #1, i
PRINT
NEXT
100
NEXT
PRINT "NO. of Breakdown Days="; E


SUB ber (a, x)
```

```
IF RND > a THEN
x = 0
ELSE
x = 1
END IF
END
SUB

SUB gamma (N, b, X)
FOR i = 1 TO N
k = k + LOG(RND)
NEXT
X = k * (-1 / b)
'PRINT x
'STOP
END
SUB

SUB gen (C1, MX1())
DIM X(24), S(24)
FOR i = 1 TO C1
CALL gamma(756, 5.82142, o)
X(1) = INT(o): S(1) = S(1) + X(1)
CALL gamma(98, 1.63561, o)
X(2) = INT(o): S(2) = S(2) + X(2)
CALL gamma(11, 2, o)
X(3) = INT(o) * 4: S(3) = S(3) + X(3)
CALL gamma(1014, 12.9956, o)
X(4) = INT(o): S(4) = S(4) + X(4)
CALL gamma(320, 7.61371, o)
X(5) = INT(o): S(5) = S(5) + X(5)
CALL gamma(253, 7.92131, o)
X(6) = INT(o): S(6) = S(6) + X(6)
CALL gamma(2774, 9.90578, o)
X(7) = INT(o): S(7) = S(7) + X(7)
CALL unif(10, 20, o)
X(8) = INT(o): S(8) = S(8) + X(8)
CALL gamma(65, 3.09878, o)
X(9) = INT(o): S(9) = S(9) + X(9)
CALL unif(104, 120, o)
X(10) = INT(o): S(10) = S(10) + X(10)
CALL gamma(284, 4.73303, o)
X(11) = INT(o): S(11) = S(11) + X(11)
CALL unif(25, 37, o)
X(12) = INT(o): S(12) = S(12) + X(12)
```

```
CALL gamma(79, 1.3137, o)
X(13) = INT(o): S(13) = S(13) + X(13)
CALL unif(35, 58, o)
X(14) = INT(o): S(14) = S(14) + X(14)
CALL gamma(10, 2, o)
X(15) = INT(o) * 4: S(15) = S(15) + X(15)
CALL gamma(24, 2, o)
X(16) = INT(o) * 4: S(16) = S(16) + X(16)
CALL gamma(40, 2, o)
X(17) = INT(o) * 4: S(17) = S(17) + X(17)
CALL gamma(28, 2, o)
X(18) = INT(o) * 4: S(18) = S(18) + X(18)
CALL unif(52, 78, o)
X(19) = INT(o): S(19) = S(19) + X(19)
CALL gamma(78, 1.7871, o)
X(20) = INT(o): S(20) = S(20) + X(20)
CALL gamma(64, 2, o)
X(21) = INT(o) * 4: S(21) = S(21) + X(21)
CALL gamma(16,. 367019, o)
X(22) = INT(o): S(22) = S(22) + X(22)
CALL gamma(90, 1.61239, o)
X(23) = INT(o): S(23) = S(23) + X(23)
CALL unif(24, 44, o)
X(24) = INT(o): S(24) = S(24) + X(24)
NEXT
FOR i = 1 TO 24
 MX1(i) = S(i) / C1
NEXT
END
SUB

SUB id (AT(), E1)
CALL poi(1.3, y)
IF y > 0 THEN
PRINT "Breakdown"
ELSE
GOTO 1
END IF
DIM sb(y), b(y), dt(3, 10)
FOR k = 1 TO y
CALL unif(1800, 7200, b)
b(k) = b
CALL gamma(51,. 00124746, o)
sb(k) = o
NEXT k
```

```
FOR k = 1 TO y - 1
IF sb(k) > sb(k + 1) THEN a = sb(k): sb(k) = sb(k + 1): sb(k + 1) = a
NEXT
FOR h = 1 TO y
FOR k = 1 TO 9
IF sb(h) > AT(2, k) AND sb(h) < AT(2, (k + 1)) THEN
AT(2, k) = AT(2, k) + b(h)
FOR j = k + 1 TO 10
AT(2, j) = AT(2, j) + b(h)
NEXT
END IF
NEXT
NEXT
E1 = E1 + 1
1 END SUB

SUB poi (z, x)
h = 0
w = 1
l = EXP(-z)
10 w = w * RND
IF w <= l THEN x = h: GOTO 20
h = h + 1
GOTO 10
20 END SUB

SUB unif (a, b, x)
x = INT(RND * (b - a + 1)) + a
END
SUB
```

5- المراجع

الراوي، نصرت عبد الرحيم، 2001، التخطيط والسيطرة على الإنتاج وفقاً لنظام JIT باستخدام المحاكاة: دراسة تجريبية في شركة الشهيد العامة، أطروحة دكتوراة فلسفة في إدارة الأعمال مقدمة إلى كلية الإدارة والإقتصاد، جامعة بغداد، (غير منشورة).

العزاوي، محمد عبد الوهاب، رقيب صلاح الدين جلال، وعقيلة الأتروشي، 1997، نظام الإنتاج في الوقت المحدد JIT بين النظرية والواقع في بيئة التصنيع العراقية، ***مجلة تنمية الرافدين***، جامعة الموصل، العدد 48.

غانم، جمال عبد الرسول، 1998، نظام التصنيع وفق فلسفة الإنتاج الآني، ***مجلة الهندسة والتكنولوجيا***، الجامعة التكنولوجية – بغداد، المجلد 17، العدد 10، ص119–128.

نجم، نجم عبود، 1995، نظام الوقت المحدد مع الإشارة إلى إمكانية الاستفادة من هذا النظام في المنشآت الصناعية العراقية، ***مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية***، جامعة بغداد.

Asikele, E.E. 1994. Adaptive Control for JIT Manufacturing Implementation (Work In Progress Inventory Reduction), PHD Dissertation Submitted to University of Cincinnati, USA.

Bard, T. and Golany, H. 1991. Determining the Number of Kanbans in Multi-Product Multistage Production

Ed., (IRWIN: Chicago).

Rawabdeh, I. 2001. An Investigation of The Potential of Implementing Just-In-Time in Jordan, 7th International Conference on Production Engineering, Design and Control, Egypt, Alexandria, February. http://home.iae.nl/users/drshofmwww.APICS.org.trainning. monden@sk.tsukuba.ac.jp.

Russell, R.S. and Taylor III, B.R. 2000. Operations Management, (Prentice-Hall: New Jersey).

Sarker, B. and Balan, C. 2000. Batching and Scheduling in a Multi-stage Kanban System, Search Submitted to the 6th Industrial Engineering Research Conference Proceedings, USA.

Sarker, B. and Harris, R. 1988. The Effect of Imbalance in a JIT Production System: A Simulation Study, ***International Journal of Production Research***, 27 (1): 1-18.

Savsar, M. 1996. Effects of Kanban Withdrawal Policies and Other Factors on the Performance of JIT Systems: A Simulation Study, ***International Journal of Production Research***, 34 (10): 2879-2899.

Siha, S. 1994. The Pull Production System: Modeling and Characteristics, ***International Journal of Production Research***, 26 (12): 1959-1980.

Silver, E.A., Pyke, D.F. and Peterson, R. 1998. Inventory Management and Production Planning and Scheduling, 3rd ed., (John Wiley and Sons: New York).

Yanagawa, Y., Miyazaki, S. and Ohta, H. 1994. The Optimal Operations Planning of a Kanban System with Variable Lead Times, ***Production Planning and Control***, 5, (1): 21-29.

System, ***International Journal of Production Research***, 29 (5): 881-895.

Berkeley, B.J. 1991. Tandem Queues and Kanban Controlled Lines, ***International Journal of Production Research***, 29 (10): 2057-2081.

Bitran, G. and Chang, L. 1987. A Mathematical Programming Approach to a Deterministic Kanban System, ***Management Science***, 33 (4): 427-441.

Changchit, C. and Terrel, J. 1988. Issues in Just In Time Production System, ***International Journal of Production Research***, 26 (2): 360-364.

Chao, T., Das, J. and Nagendra, K. 1995. The Prioritization of Kanbans in The Case of a Single Station Serving Multiple Downstream Stations, ***International Journal of Production Research***, 33 (2): 377-389.

Deleersnyder, H., Hodgson, T. and Muller, K. 1989. Kanban Controlled Pull Systems: an Analytic Approach, ***Management Science***, 35 (9): 1079-1091.

Funk, J.L. 1989. A Comparison of Inventory Cost Reduction Strategies in a JIT Manufacturing System, ***International Journal of Production Research***, 27: 1065-1080.

Krajewski, L.J. and Ritzman, L. 1999. Operations Management: Strategy and Analysis, 5th Ed., (Addision–Wesley: New York).

Krishnappa, A.R. 1999. Simulation Study of a Kanban Controlled Production System, Msc. Thesis Submitted to West Virginia University.

Li, H. and Co, H.C. 1991. A Dynamic Programming Model for the Kanban Assignment Problem in a Multistage Multi-period Production System, ***International Journal of Production Research***, 29 (1): 1-16.

Nahmias, S. 1997. Production and Operations Analysis, 3rd

Implementation of Dual Kanban System: Simulation Approach Empirical Study in the State Company of Leather Industries-Factory 7

Abdul Karim Muhsin Bakir, and Ali Mouat Sa'ad

ABSTRACT

This research aims to empirically examine the implementation of "Dual Kanban System Using Stochastic Simulation". It simulates the effect of two variables: varied processing times and machines breakdowns on the success of the Kanban system implementation. Q-Basic was used to build and operate the simulation model.
The empirical operating of Kanban system showed that the results achieved were better than the research sample studied in terms of increased output by (10.5%), improved capacity utilization (11%), and reduced WIP inventory by (10%). Despite the positive results of the Kanban system, the research revealed that both variables have negative impacts on the Kanban implementation which suggests the need for improvement programmes to handle these impacts.

KEYWORDS: Dual Kanban System, Push System, Pull System, Withdrawal Kanban, Production Kanban, In-Bound and Out-Bound Inventory Points.

عبد الكريم محسن باقر
أستاذ مشارك، قسم إدارة الاعمال، جامعة الزيتونة، عمان، الاردن.

علي موات سعد
مدرس مساعد، قسم إدارة الاعمال، جامعة بغداد، بغداد، العراق.

Received on 31/8/2004 and Accepted for Publication on 11/8/2005