International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

A Proposed Framework for Measuring Complexity in Product and Manufacturing System Operations: An Exploratory Study

Asmaa Serag; Ahmed Abu-mosa; Samir Helal
https://www.doi.org/10.56830/QUHU2609

إطار مقترح لقياس التعقد في المنتج وعمليات النظام التصنيعى: دراسة استكشافية

د/ أسماء عبدالمنعم محمد سراج*
مدرس بقسم المحاسبة - كلية التجارة - جامعة طنطا
ا.د/ أحمد عبد السلام أبو موسى
أستاذ نظم المعلومات المحاسبية - كلية التجارة -جامعة طنطا
ا.د/ سمير رياض هلال
أستاذ نظم المعلومات المحاسبية - كلية التجارة -جامعة طنطا

١- مقدمة البحث:

إن التحدي الأكبر الذي يواجه البحث في دراسة التعقد، هو كيفية هيكلة مشكلة التعقد، ووضع إطار منهجي لظاهرة التعقد المتزايدة في المنشآت حالياً بصورة تمكن من حل تلك المشكلة بصورة ناجحة. ويعد مصطلح التعقد بصورة عامة مصطلحاً متعدد الجوانب، حيث ينشأ التعقد من تعدد المستويات التي يتم على أساسها دراسة وتحليل التعقد، فقد تتم دراسة التعقد من منظور المنشأة ككل أو من منظور النظام المطبق داخل المنشأة، أو من منظور أقل على مستوى تشكيلة المنتجات وعمليات المنشأة، أو من منظور مكونات ووظائف المنتج. قد يُنشأ ذلك التعدد في وجهات النظر اختلاف في مستويات التحليل للقياسات والأبعاد المختلفة المرتبطة بمصطلح التعقد بصورة عامة والتي قد تتباين في بعض الجوانب وتتفق في جوانب أخرى مرتبطة بمصطلح التعقد.

ويعد موضوع دراسة التعقد على مستوى المنتج، وعلى مستوى العملية الصناعية محور اهتمام لكافة المستويات الإدارية في الشركات الصناعية، وأصبح يحتل مساحة واسعة من حيز تفكيرها واستراتيجيتها، فقد أوضحت معظم الشركات الكبرى مثل شركة فورد وجنرال موتورز أن تكلفة تعقد المنتج أصبحت تمثل أكثر من ٢٠٪ من تكاليف المنشأة مما فرض على تلك الشركات التوجه نحو البحث عن مسببات التعقد وأساليب إدارة وقياس تكاليف التعقد بصورة سليمة (Perumal and Wilson, 2010, p.15).

بناءً عليه جاء الدافع للقيام بدراسة لقياس التعقد على المستوى الأكثر تفصيلاً وهو المنتج أو العملية لإبراز أبعاد وعناصر التعقد بصورة واضحة وتحليل مفهوم التعقد في المنتج / العملية عبر سلسلة التوريد ومحاولة تقييم الدراسات المحاسبية لتعقد المنتج/العملية لاشتقاق المؤشرات والمقاييس والتي سوف تستخدم كأساس لبناء إطار مقترح لتعقد المنتج/ العملية.

* هذا البحث مستل من رسالة دكتور الفلسفة فى المحاسبة - تخصص نظم معلومات محاسبية للباحثة / أسماء عبدالمنعم محمد سراج (٢٠١٧) بعنوان "نموذج مقترح لدراسة أثر تعقد العمليات/ المنتجات على تصميم نظم التكاليف ومؤشرات الأداء التصنيعي: مدخل محاكاة النظم" تحت اشراف كل من أ.د/ سمير رياض هلال، أ.د/أحمد عبدالسلام أبوموسى، كلية التجارة - جامعة طنطا.

٢- مشكلة البحث:

قام كلٌ من (Cooper and Kaplan, 1998) وأيضاً (Schuh and Schwenk, 2011) بشرح وتفسير مشكلة التعقد في المنشآت التي تقوم بإنتاج منتجات ذات الحجم الكبير High Volume Products ، ومنتجات ذات الحجم الأقل ، وتوصلوا إلى أن المنتجات ذات الحجم الأقل تخلق طلباً على الخدمات والأنشطة المدعمة أكثر من مستوى الطلب الذي تخلقه المنتجات ذات الحجم الأكبر على الأنشطة المدعمة، ولكن عندما يتم تخصيص تكاليف الأنشطة المدعمة استناداً إلى أسس تستند إلى الحجم فإن المنتجات ذات الحجم الأقل يتم تخصيص تكاليف إضافية أقل Under Cost عليها، بينما يتم تخصيص تكاليف إضافية أكثر Over Costعلى المنتجات ذات الحجم الأكبر، ومن ثم يحدث إعانة Subsides للمنتجات ذات الحجم الأقل على حساب المنتجات ذات الحجم الأكبر، وكلما ازداد مستوى التفاوت بين المنتجات ذات الحجم الأقل والمنتجات ذات الحجم الأكبر تزداد درجة الإعانة المتبادلة Cross Subsization بينهما. (Cooper and Kaplan, 1998, P.3, Schuh and Schwenk, 2001, P.1)

ولقد اقترح (Banker, et al., 1990) منهجية تقوم على ربط خصائص تصميم المنتجات والعمليات بمسببات العمليات والأنشطة للتعرف على طبيعة تكاليف تعقد المنتج والعملية. وعن طريق ربط العوامل المسببة لحدوث التعقد بالتكاليف، قد يمكن تحديد العوامل الجوهرية والمؤثرة على أنماط استهلاك الموارد الأساسية. وبالتالي يمكن استخدام هذه المعلومة في تصميم نظام تكاليف لتقييم بدائل التصميم المختلفة للمنتجات. ومن الهام التركيز على العوامل المسببة للتعقيد والتي تحدث التكاليف في البيئة الصناعية الحالية. فعند تغيير تشكيلة المنتجات والعمليات المطلوبة ربما تتغير هذه العوامل وقد يكون لتغيير عامل معين من هذه العوامل أثر كبير على مستوى التكاليف الإضافية في المستقبل (Banker, et al., 1990, p. 289) وبناء عليه إن التعرف على طبيعة تكاليف التعقد في المنتج والعملية يتطلب تحليل دقيق لمسببات التكلفة الإضافية وخاصة تكاليف الأنشطة المدعمة (الرقابة على الجودة- الإشراف – الصيانة)

في دراسة قام بها (Rommel, et.al, 2003) على صناعة السيارات، وجد أن تكاليف التعقد تزيد على ٢٠٪ من التكلفة الكلية، ويرجع السبب إلى تنوع المنتجات، والمكونات التي تقدمها المنشأة. وأضافت الدراسة أن: النسبة الأكبر لتكاليف التعقد تحدث في مرحلة البحث والتطوير ومرحلة الإنتاج، حيث تتراوح نسبة ١٠٪-٤٠٪ من تكاليف التعقد التي تحدث في مرحلة البحوث والتطوير والإنتاج (Rommel, et.al, 2003, p.24)، ومن ثم تظهر الحاجة إلى أهمية قياس مستوى التعقد على مستوى المنتج واشتقاق المقاييس الملائمة للتعقد في المنتج والعملية الصناعية عبر سلسلة القيمة، ومن ثم يمكن صياغة مشكلة الدراسة على النحو التالي: **كيف يمكن بناء إطار مقترح لقياس التعقد على مستوى المنتج وعلى مستوى العملية الصناعية؟**

٣- أهداف البحث

يتمثل الهدف الرئيسى لهذا البحث في: **"إقتراح إطار مفاهيمى لقياس تعقد المنتج وتعقد عمليات النظام باستخدام أسلوب التحليل العاملى الإستكشافى".**

يتحقق ذلك الهدف الرئيسى من خلال عدد من الأهداف الفرعية التالية:

(١) اشتقاق محددات ومقاييس للتعقد في المنتج والعملية الصناعية.
(٢) بناء إطار مفاهيمى لمقاييس التعقد في المنتج وعمليات النظام التصنيعى.
(٣) استخدام التحليل العاملى الاستكشافى في اشتقاق المقاييس الملائمة للتعقد في المنتج وتعقد عمليات النظام التصنيعى.

٤- منهج البحث:

حيث أن البحث يهدف إلى تقديم مقترح إطار مفاهيمى مقترح لقياس تعقد المنتج وتعقد عمليات النظام، لذلك سوف تعتمد البحث على المنهج الاستنباطى التحليلى لدراسة وتحليل الدراسات السابقة لتحديد

واشتقاق متغيرات النموذج، وبناء الإطار المقترح لقياس التعقد في المنتج الذى يتضمن مقاييس ومحددات للتعقد في المنتج والعملية الصناعية. كما يعتمد البحث على المنهج الاستقرائى لاختبار مدي امكانية تطبيق الاطار المقترح، و توضيح كيفية تطبيق هذا الإطار المقترح لقياس التعقد في المنتج والعملية الصناعية من خلال دراسة استكشافية على عينة من الشركات العاملة في قطاع الغزل والنسيج، وذلك من خلال تطبق أسلوب التحليل العاملى الإستكشافى واختزال العوامل للوصول إلى أفضل العوامل المؤثرة في التعقد في المنتج والتعقد في عمليات النظام التصنيعى.

٥- الأهمية العلمية والعملية للبحث:

أولاً: الأهمية العلمية:

من المتوقع ان يقدم هذا البحث مساهمة على المستوى الأكاديمى نظراً لقلة الأبحاث المحاسبية المتعلقة بموضوع قياس التعقد في المنتج والتعقد في عمليات النظام التصنيعى باستخدام المقاييس الرياضية والإحصائية. وهذه الدراسة تستخدم أسلوب التحليل العاملى الإستكشافى لما له من مزايا في توفير درجة مرتفعة من الدقة والملاءمة في اشتقاق محددات ومقاييس التعقد فى المنتج / العمليات الصناعية.

ثانياً: الأهمية العملية:

قد يمكن للإطار المقترح لقياس التعقد على مستوى المنتج والعملية الصناعية أن يساعد كل من المديرون ومهندسى التصميم في اتخاذ قراراتهم على أساس سليم مما يضيف رافداً إضافياً من المعلومات لكل منهم.

٦- حدود البحث:

تخضع الدراسة بصورة عامة للحدود التالية:

(١)تم تحديد خمسة أبعاد فقط لتعقد المنتج وهى التنوع، التعقد الوظيفى، التعقد الهيكلى والتصميم والإنتاج وذلك لأنه تم التركيز على دراسة التعقد في المنتج في مرحلة التصميم والإنتاج فقط من مراحل سلسلة القيمة الكلية.

(٢)اقتصرت عينة الدراسة الميدانية على بعض شركات الغزل والنسيج دون التطرق لشركات الصناعات الإلكترونية والصناعات التجميعية.

(٣)يتم في الدراسة استخدام أحد أنواع التحليل العاملى الاستكشافى ولن يتم تطبيق الأساليب الأخرى للتحليل العاملى وهى: التحليل العاملى التوكيدى وطريقة المعادلات البنائية.

٧- خطة البحث:

ينقسم بقية هذا البجث الى ثمانية اقسام رئيسية تتمثل فى:

٨- تحليل التعقد على مستوى المنتج
٩- العلاقة بين التعقد على مستوى المنتج والتعقد على مستوى عمليات النظام التصنيعى.
١٠- تقييم الدراسات المحاسبية المرتبطة بالتعقد على مستوى المنتج والتعقد في عمليات النظام التصنيعى.
١١- مؤشرات ومقاييس التعقد في المنتج / العملية.
١٢- تقييم وتطبيق مؤشرات ومقاييس التعقد فى المنتج / العملية.
١٣- الإطار المقترح لقياس التعقد في المنتج / العملية
١٤- الدراسة الاستكشافية.
١٥- نتائج وتوصيات البحث.

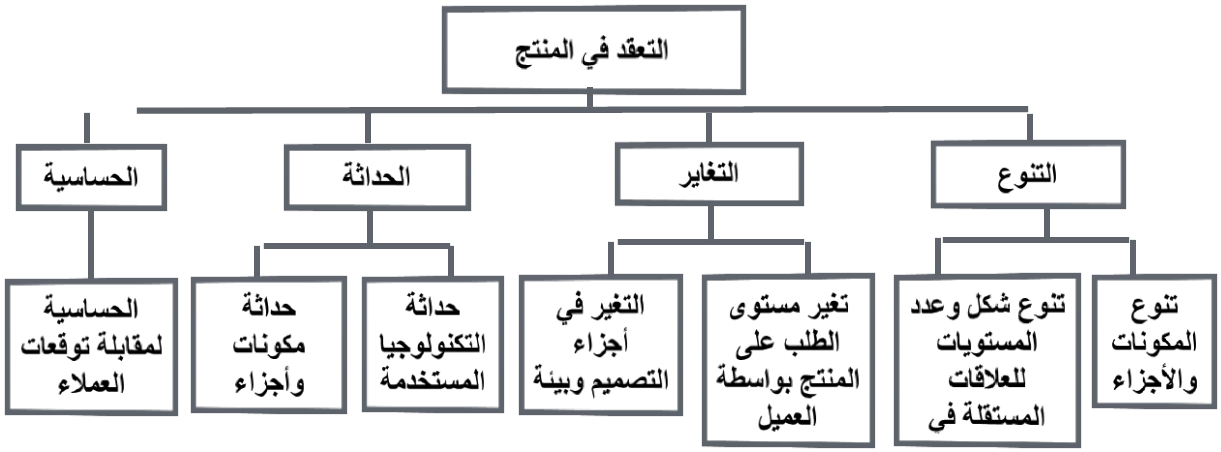
International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

٨- تحليل التعقد على مستوى المنتج

تجدر الإشارة ألى أنه قد تم التركيز على دراسة تعقد المنتج في دراسات إدارة الإنتاج والعمليات، إدارة سلسلة التوريد والمحاسبة الإدارية. وقد تم القيام بتحليل التعقد في المنتج من جانبين أساسيين هما: تعقد عمق المنتج Product Depth Complexity، واتساع التعقد في المنتج Product Breath Complexity، حيث يشير جانب تعقد عمق المنتج إلى عدد مستويات العلاقات في هيكل المنتج، بينما اتساع التعقد في المنتج يمثل تنوع في المكونات الوسيطة اللازمة لأداء عدد من الوظائف في المنتج (Lea, 2008, P. 15) .

ولقد عرف (Baldwin and Clark, 2000) التعقد في المنتج بوجود العديد من الأجزاء المتنوعة والمختلفة والأنماط، أو العناصر المرتبطة فيما بينها بطريقة يصعب معها فهم الهيكل البنائى للمنتج (Baldwin and Clark, 2000, P.20)، وقد أضاف (Thomas, 2006) بعداً جديداً لتعقد المنتج وهو: مستوى التنوع Variety ، التغاير Variability، ودرجة الحساسية في مقابلة احتياجات العملاء Vulnerability (Thomas , 2006 , P. 5)، كما أضاف (Eppinger and Novak , 2010) إلى عناصر التعقد في المنتج عناصر أخرى هى: مدى حداثة التكنولوجيا المستخدمة في تصميم المنتج، ومدى الحداثة في بناء هيكل المنتج ذاته(Eppinger and Novak, 2010, P.193).

ومن ثم يمكن القول أن التعقد في المنتج يستند على أربعة أبعاد وعناصر رئيسية هي التنوع، التغاير، والحداثة، والحساسية. حيث يشير التنوع إلى تنوع في المكونات والأجزاء المكونة للمنتج أو عائلة المنتج، والتي ينشأ عنها اختلاف في الخصائص الوظيفية للمنتج وتنوع في العلاقات التي تربط بين الوظائف المطلوبة والأجزاء اللازمة لأداء تلك الوظائف. أما التغاير فهو تغاير مستوى الطلب على المنتج بواسطة العميل وتغاير في الأجزاء المكونة للتصميم. بينما الحداثة يقصد بها حداثة المكونات والأجزاء المكونة لهيكل التصميم وحداثة التكنولوجيا المستخدمة. أما الحساسية فيقصد بها درجة الحساسية في مقابلة توقعات العميل. ويمكن توضيح الجوانب الرئيسية للتعقد من الشكل (١)



شكل (١) العناصر الأساسية للتعقد في المنتج

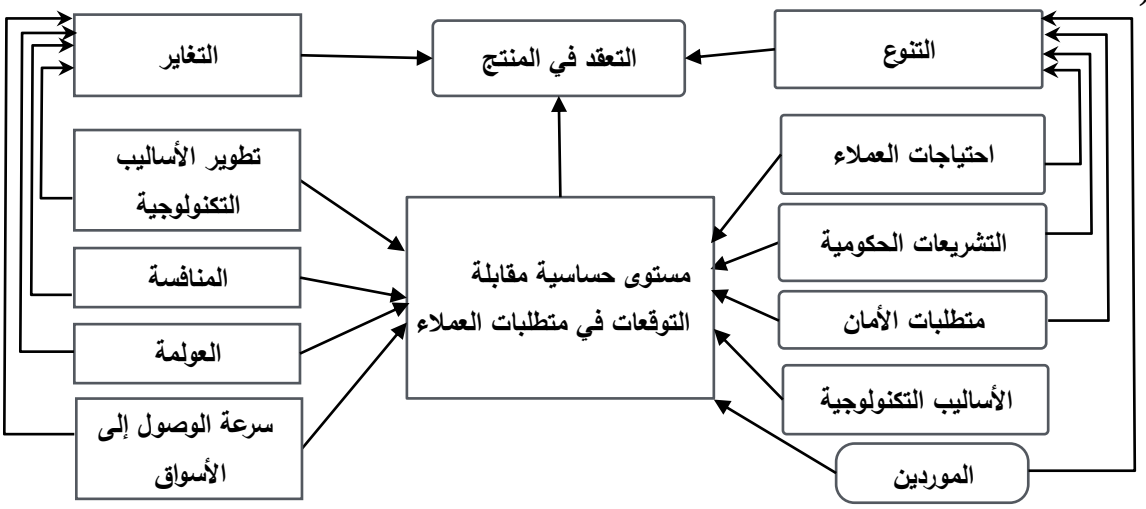
(**المصدر**: اسماء سراج، ٢٠١٧)

وهناك عدة عوامل تؤثر على مستوى التعقد في مرحلة التخطيط وتطوير المنتج. ويعتبر التنوع، والتغاير، وحساسية مقابلة توقعات العملاء من أهم العوامل المباشرة لحدوث التعقد في المنتج في مرحلة تخطيط وتطوير المنتج. وهناك العديد من العوامل الموجودة في البيئة الخارجية والداخلية التي تزيد من مستوى التعقد والتفاعلات بين العوامل المسببة له. ومن عوامل البيئة الداخلية والتي تسبب التعقد في المنتج: التغاير في العمليات، الإجراءات، وطرق التصنيع والتي لا تضيف بدورها قيمة إلى العملاء بصورة مباشرة وبالتالي فالعملاء ليسوا على استعداد للدفع في مقابل الحصول عليها. أما العوامل الخارجية مثل العولمة والتي تزيد بدورها من المنافسة التي قد تؤدي إلى تغير في أنماط طلب العملاء،

وقد تدفع إلى زيادة مستوى التغاير وينعكس ذلك بدوره على زيادة التعقد في المنتج. وتسعى المنشآت في الفترة الأخيرة إلى الحصول على مزايا تنافسية عن طريق إدارة العوامل الداخلية والخارجية المسببة للتعقد في المنتج. ويمكن توضيحها من الشكل (٢).

قد يستلزم تحليل التعقد على مستوى المنتج القيام بتحليل بنية أو هيكلية المنتج أو ما يطلق عليه البعض البناء الهيكلي للمنتج Product Architecture. وقد قام (Ulrich, 1995) بتعريف بِنْية أو معمارية المنتج Product Architecture بأنه: "مخطط يقوم بتخصيص وظائف المنتج على المكونات المادية له"، ويتم بناء ذلك المخطط من خلال مرحلتين متتاليتين وهما:

١. تحديد الهيكل الوظيفي of functionality Structure : تم تصنيف وظائف المنتج إلى وظائف أساسية ووظائف فرعية والأجزاء اللازمة لأداء كل وظيفة، وكلما زاد مستوى التفصيل كلما زادت الافتراضات عن كيفية أداء المنتج لوظائفه.
٢. تحديد هيكل المكونات المادية للمنتج Structure Component : يتم تحديد المكونات المادية للمنتج والعناصر والأجزاء التي يضمها المكون، وكيفية تجميع تلك الأجزاء في نقاط تجميع فرعية، وتجميع تلك النقاط الفرعية للتجميع في نقاط رئيسية للتجميع (Ulrich , 1995 , P.421).



شكل (٢) أثر عوامل البيئة الداخلية والخارجية على التعقد في تطوير المنتج

(**المصدر**: Thomas , 2006 , P.6)

وتجدر الإشارة إلى أن تحليل الهيكل الوظيفي للمنتج يساعد على تحديد الوظائف الأساسية والفرعية ومتطلبات أداء تلك الوظائف، بينما تحليل هيكل مكونات المنتج يحدد المكونات المادية للمنتج من مكونات وعناصر وأجزاء اللازمة للوفاء بالوظائف المطلوبة في المنتج. ويعتبر الربط ما بين الهيكل الوظيفي وهيكل المكونات أهم مرحلة من مراحل تحليل التعقد في المنتج، ففي هذه المرحلة يتم بناء العلاقات والروابط ووضع خريطة لتعقد المنتج Product Complexity Map. حيث توضح خريطة التعقد الروابط بين وظائف المنتج ومكونات وعناصر المنتج وتأخذ تلك الروابط والعلاقات غالباً ثلاثة أشكال وهي:

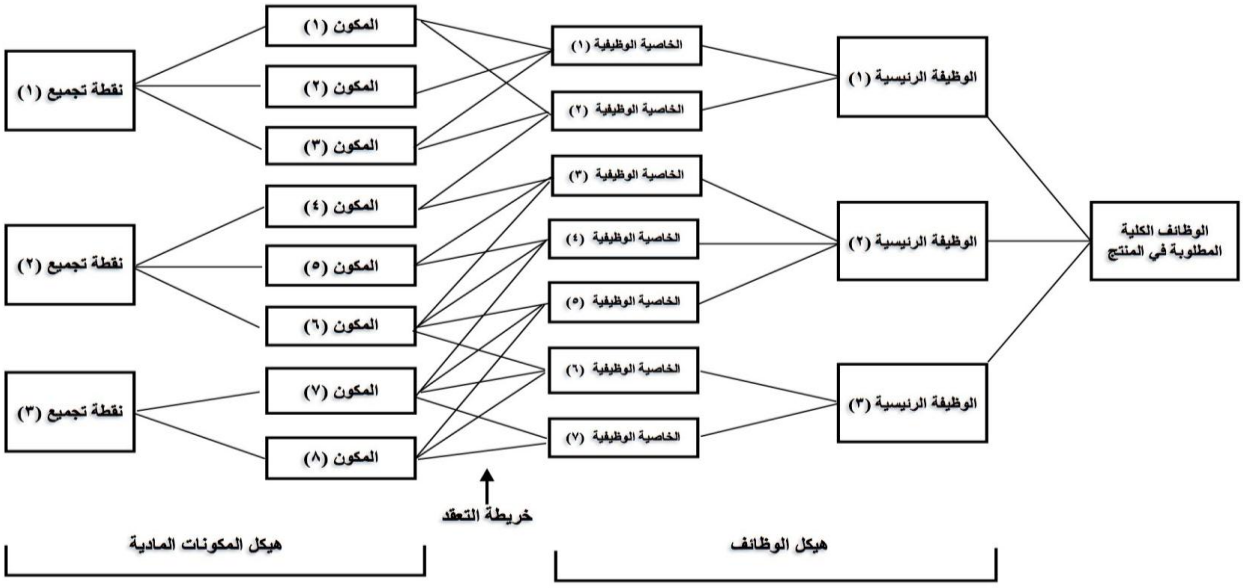
- **الشكل الأول**: علاقة من طرف واحد إلى طرف واحد: يعني ذلك أن الوظيفة الواحدة حتى يتم أداؤها يجب توافر جزء واحد.
- **الشكل الثاني**: علاقة من طرف واحد إلى العديد من الأطراف: تعني أن الوظيفة الواحدة تتطلب توافر العديد من الأجزاء.

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

- **الشكل الثالث**: علاقة العديد من الأطراف إلى العديد من الأطراف: يعنى ذلك أن العديد من الوظائف تتطلب عديداً من الأجزاء (Eppinger and Ulrich, 2000, P.131) .

ويوضح الشكل (٣) العلاقة بين الهيكل الوظيفي وهيكل المكونات والربط بينهما، حيث يوضح الجانب الأيمن الهيكل الوظيفي للمنتج، ويوضح الجانب الأيسر الهيكل المادي للمكونات. وتقوم خريطة تعقد المنتج بالربط بين الهيكل الوظيفي والهيكل المادي للمكونات والعناصر المطلوبة لأداء تلك الوظائف. حيث أن هناك ثلاث وظائف أساسية مطلوب أداؤها من قبل العميل، وتتطلب الوظيفة الأولى على سبيل المثال توافر ثلاثة خصائص وظيفية فرعية وهى: الخاصية الوظيفية (١) والخاصية الوظيفية (٢) والخاصية الوظيفية (٣). ويستلزم أداء الوظيفة الفرعية (١) توافر المكونات (١)، (٢)، (٣) بينما يستلزم أداء الخاصية الوظيفية الفرعية (٢) توافر المكونات (١)، (٣)، (٤). بالمثل يتطلب أداء الخاصية الوظيفية الفرعية (٣) توافر المكونات (٤)، (٥)، (٦).

وبعد القيام بتحليل البناء الهيكلي للمنتج وتحديد المكونات والوظائف اللازمة يتم تحديد العمليات اللازمة لتحقيق البناء الهيكلي عن طريق بناء أماكن تشغيل للمنتج أو مِنصة المنتج Product Platform والتي تربط بين الوظائف
المطلوبة في المنتج والعمليات اللازمة لتحقيق تلك الوظائف، ثم يتم تجزئة العمليات إلى عمليات أساسية



شكل (٣) تحليل الهيكل البنائى للمنتج

(**المصدر:** Thomas, 2006, P.21)

وعمليات ثانوية بناءً على درجة الأهمية النسبية لكل عملية. وأخيراً يتم دمج تلك العمليات في نقاط للتجميع في إطار بناء أماكن تشغيل المنتج وذلك بهدف تحليل التعقد على مستوى العمليات الصناعية (Liu and Jenab, 2010, p.3385).

قد يتم بناء خريطة تدفق قيمة التعقيد للعمليات Complexity Value Stream Map، وقياس التعقد في العملية عن طريق حساب معدل الكفاءة في دورة العملية Process - Cycle Efficiency (PCE) عن طريق نسبة الزمن المضيف للقيمة إلى زمن التنفيذ الكلي، فكلما زاد معدل الكفاءة في دورة العملية كلما انخفض التعقد على مستوى العملية ويتم بناء أجندة لقيم تعقد العمليات Complexity Value Agenda، (George and Wilson, 2004, P.90 ; Thomas , 2006 , P.8)

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن عن طريق تحليل الهيكل البنائي للمنتج، وأجندة تعقد العمليات، والهيكل الوظيفي، وخريطة التعقد والتي توضح مسار تدفق العمليات وبناء أجندة لتعقد العمليات يمكن لمديري المنشأة الوصول إلى مواطن التعقد المختفية وتحديد مسببات التعقد في المنتج Complexity Driver. بعد تحديد مسببات التعقد يتم تبويب مسببات التعقد في المنتج إلى مسببات خارجية للتعقد تنشأ من التنوع في طلبات العملاء من الوظائف المطلوبة في المنتج، أما مسببات التعقد الداخلية تنشأ من الاختلاف في العمليات المطلوبة لأداء تلك الوظائف (Marti, 2007, P.43).

ويعتقد الباحثون أن إدارة مسببات التعقد الخارجية، والتي يعكسها الهيكل الوظيفي للمنتج، وإدارة مسببات التعقد الداخلية، والتي يعكسها الهيكل البنائي للمنتج تعني أن لإدارة التعقد في المنتج جانبين خارجي، وجانب داخلي. ويمثل الجانب الخارجي القيمة المقدمة إلى العملاء، ويمثل الجانب الداخلي تكاليف التعقد في المنتج. ويلزم لإدارة التعقد بصورة سليمة إدارة التعقد من منظور القيمة المقدمة للعملاء، والتفرقة بين التعقد الذي يضيف قيمة، والتعقد الذي لا يضيف قيمة.

٩- العلاقة بين التعقد على مستوى المنتج والتعقد على مستوى عمليات النظام التصنيعى.:

ينشأ التعقد في العمليات الصناعية بسبب القرارات المرتبطة بتصميم النظام التصنيعى مثل: عدد المنتجات، عمق واتساع هيكل المنتج ومجموعة العمليات في المسار. ويجب على المديرين عند اتخاذ قرار بزيادة تشكيلة المنتجات مراعاة تأثير ذلك على مستوى التعقد في العملية الصناعية وعلى مستوى الأداء. حيث يؤثر عمق هيكل المنتج على مخرجات النظام التصنيعي.

وتجدر الإشارة إلى أن معظم النظم الصناعية التي تقوم بإنتاج منتجات ذات هيكل بنائى عميق لديها قدرة أقل على التنبؤ بالتحسن في الأداء، بمعنى أنه عند خفض درجة التكامل الأفقي يمكن قياس درجة التحسن في أداء النظم الصناعية بسهولة وإدارة التعقد في النظم الصناعية بصورة سليمة. وأخيراً يعتبر عامل اتساع هيكل المنتج عاملاً هاماً في تعقد النظام التصنيعي. تفيد عملية التطوير والتحسين في تصميم المنتج في دمج المكونات الفردية معاً لتكوين وحدات قياسية Module تساعد على تضييق اتساع هياكل المنتجات والذي ينعكس على التحسن في الأداء التصنيعي (Lea, 1998, P. 17) .

ومن ثم يمكن القول أنه كلما زادت درجة التشابك والتعقيد في المنتجات والأجزاء المكونة لها كلما زاد التعقد في العمليات التصنيعية اللازمة لتصنيع تلك الأجزاء. مما يعني أن التعقد في المنتج يفرز تعقد في عمليات النظام التصنيعي. وينشأ تعقد النظام التصنيعي من تنوع العناصر أو مكونات النظام التصنيعي مثل المنتجات، المكونات والآلات ومراكز العمل، وتنوع في العلاقات التي توجد في مراكز التصنيع ويمكن ملاحظة التعقد في عمليات التصنيع من تدفق المواد، مسارات التدفق وترتيب المصنع ذاته.

وصنف كلُ من (Frizelle & Wookcook, 1995) التعقيد في عمليات النظام التصنيعى إلى نظام تعقد ثابت، ونظام تعقد ديناميكي. ويرى البعض أن النظام التصنيعي ذو مستوى التعقد الثابت بأنه النظام الذي تتغير مكوناته وحالاته بعد مرور فترة من الزمن، أما النظام التصنيعي الديناميكي فإنه ذو مستوى التعقد المتغير الناتج من عدم التأكد، ويكون لمكونات هذا النظام القدرة على الانتقال إلى الحالات المختلفة (Frizelle and WookCook, 1995, P.2; Deshmukh, 1998, P.98). وبناءً عليه يرجع تعقد عمليات النظام التصنيعي إلى التعقد في مكونات النظام التصنيعي والتي يرجع السبب فيها أساساً إلى تعقد تشكيلة المنتجات التي تقوم الشركة بإنتاجها. وقد يكون النظام التصنيعي ذو طبيعة ثابتة أو طبيعة ديناميكية وفقاً لعدم التأكد في بيئة التصنيع.

وأوضح (Gabriel, 2008 & 2013) أن هناك أسباب داخلية وأسباب خارجية لتعقد نظام التصنيع. حيث ترجع الأسباب الداخلية لتعقد عمليات التصنيع إلى القرارات التي يتخذها مديري المنشآت مثل قرار عدد الآلات المطلوبة وشكل وترتيب المصنع. أما الأسباب الخارجية فتمثل تلك الأسباب التي تقع خارج نطاق تحكم الإدارة مثل تغير أنماط الطلب على المنتجات وإلغاء الأوامر والطلبيات، تحدث تلك القرارات تعقد في عمليات نظام التصنيع أيضاً. وقدم أيضاً (Gabriel, 2008) قائمة تضم إحدى عشر سبباً لتعقد عمليات النظام التصنيعي وهي تشكيله المنتجات، عدد مكونات المنتج، نسب التشكيلة بين

المنتجات، عمق واتساع هيكل المنتج، تعقد العمليات، التكامل بين العمليات، عدد الآلات، المسارات، أزمنة تشغيل العمليات، ترتيب المصنع، وحجم دفعات الإنتاج. وقد توصل إلى أن عمق واتساع هيكل المنتج هو أكثر العوامل المسببة لتعقد النظام التصنيعي (Gabriel, 2013, P. 60; Gabriel, 2008, P39).

وبناءً على التحليل السابق لمفهوم تعقد عمليات النظام التصنيعى ومصادر التعقد في عمليات النظام التصنيعى يمكن القول أن القرارات المرتبطة بتصميم منتجات مختلفة ومتفاوتة التعقد في الهيكل البنائى لها تسبب تعقد في العمليات الصناعية، أي أن العلاقة بين تعقد المنتج وتعقد عمليات النظام التصنيعى هي علاقة طردية بين السبب والنتيجة.

حيث يكمن جوهر العلاقة بين تعقد المنتج وتعقد عمليات النظام التصنيعى في عملية هندسة المكونات داخل المنتج، وتتم تلك العملية باستخدام أسلوب التصميم بمساعدة الحاسب Computer Aided Design (CAD) ، ثم يتم استخدام مخرجات ذلك الأسلوب كمدخلات بمصفوفة هيكل تصميم العمليات Design Structure Matrix (DSM) .

بعد بناء مصفوفة هيكل تصميم العمليات يتم وضع الزمن اللازم لكل عملية، ثم يتم إدخال نتائج مصفوفة تصميم العمليات إلى نموذج لقياس التعقد النسبى في العمليات التصنيعية Based -Graph For Manufacturing Complexity Model وينتج ذلك النموذج مؤشر نسبى عن مستوى التعقد في عمليات النظام التصنيعى (Liu and Jenab, 2010, p. 3384)

١٠- تقييم الدراسات المحاسبية السابقة المرتبطة بتعقد المنتج وتعقد عمليات النظام التصنيعى

اختلفت الدراسات السابقة في تناول موضوع تعقد المنتج والعملية حيث ركزت بعض الدراسات السابقة على دراسة التعقد على مستوى المنتج، بينما ركز البعض الآخر من الدراسات السابقة على دراسة التعقد على مستوى النظام التصنيعى، وفى هذه الدراسة يتم تحليل وتقييم النوعين من الدراسات السابقة وذلك لتحقيق هدف الدراسة في قياس الآثار الناتجة من التعقد في المنتج وانعكاساته على النظام التصنيعى.

١/١٠ الدراسات المحاسبية السابقة المتعلقة بتعقد المنتج.

٢/١٠ الدراسات المحاسبية السابقة المتعلقة بتعقد عمليات النظام التصنيعي.

١/١٠ الدراسات المحاسبية السابقة المتعلقة بتعقد المنتج.

اختلفت وجهات نظر الباحثين في دراسة التعقد في المنتج، فقد تناول البعض التعقيد في المنتج من منظور تنوع المنتجات، المكونات، الأجزاء والوظائف، وهندسة المنتج والأجزاء، وهو المنظور الذي يركز على العناصر الأساسية للتعقد في المنتج مثل دراسة (Toro Rodriquez , 2002 ; Dannand and Barcly , 2002 , Ameri , et.al , 2008).

بينما ركز البعض الآخر من الباحثين على دراسة التعقد عبر مراحل سلسلة القيمة الكلية وتشمل مرحلة التصميم والتطوير، مرحلة التصنيع والتجميع، ومرحلة ما بعد البيع، وهو المنظور الذي يعتمد على دراسة العلاقة بين القيمة -التعقد، ومن أمثلة هذه الدراسات: (Eppinger and Novak, 2001; Hu, et.al, 2008; Perona, 2008).

ويعتقد الباحثون أنه من الأفضل تحليل وتقييم عناصر التعقد المختلفة في المنتج عبر كافة مراحل سلسلة القيمة الكلية وسلسلة التوريد لاشتقاق أبعاد التعقد في العملية / المنتج وتحديد تأثير كل عنصر من عناصر تعقد المنتج على القيمة المقدمة للعميل.

١/١/١٠. تعقد المنتج في مرحلة التصميم والتطوير.

Product Complexity in Design and Development Stage

يعد تعقد المنتج واحدًا من أكثر العوامل أهمية في مرحلة تصميم وتطوير المنتج والتي ترتبط بتكاليف المنتج، الجودة، زمن دورة الإنتاج ورضاء العميل. فمعظم البحوث في هذا المجال قامت بدراسة تعقد مرحلة التصميم والتطوير للمنتج بدلاً من دراسة تعقد تصميم الهيكل البنائي للمنتج ذاته. وعلى الرغم

من أن المنتجات المعقدة يمكن أن تتسبب في تصميمات معقدة وعمليات تطوير مستمرة، لكن فهم وإدراك التعقد في عملية بناء التصميم يمكن أن يساعد على فهم وإدراك التعقد في المنتج.

وذكر (Satminen, et.al. 2000) أن تعقد المنتج يرتبط بالحاجة إلى مقابلة الطلبات المختلفة والمتنوعة للعملاء، ومن ثم فإن تعقد المنتج يمكن أن يتم شرحه وتفسيره في ضوء عدد المنتجات المعروضة استنادًا إلى فرضية أن التصميمات البسيطة تعتبر أفضل من التصميمات المعقدة. (Satminen, et. al, 2000, P.3). إلا أن كلاً من (Pah and Beitze, 1996) قد أكدا على أن التصميم يتم تقييمه في ضوء عدد الوظائف، المنتجات، الأجزاء. فكلما قل عدد الأجزاء والعناصر المكونة للمنتج وزاد مستوى النمطية لتلك الأجزاء، كلما قل مستوى التعقد في المنتج (Pah and Beitze, 1996, P.22) .

على الرغم من أن العديد من الباحثين الآخرين يربطون بين زيادة أعداد المكونات في المنتج وزيادة مستوى تعقد المنتج، إلا أن خفض عدد الأجزاء يمكن أن يؤدي أحياناً إلى زيادة تعقد المنتج، فعلي سبيل المثال ذكر كل من (Fagade , et.al , 1998) أن حذف بعض الأجزاء والوظائف واستخدام أماكن تشغيل المنتج Product Platform قد يؤدي إلى خفض وتجميع هندسة الأجزاء الأكثر تعقيداً ، إلا أنه في حالات أخرى لا يصلح لخفض التعقد في المنتج. (Fagade , et.al , 1998 ,P12).

ولقد ركزت بعض البحوث الأخرى المتعلقة بالتعقد في التصميم على أبعاد أخرى في تعقد المنتج والعملية، وهى تعقد مستوى هندسة المكونات، واقترح كلٌّ من (Rodigriouz , et.al . 2002) عند تحليل التعقد في المنتج أثناء مرحلة التصميم أن يتم تقسيم التعقد إلى تعقد المكونات، وتعقد التجميع. ويرتبط تعقد المكونات بهندسة المكونات، أما تعقد التجميع فيعكس كيفية تجزئة هيكل المنتج بصورة تنتج عدد من المكونات تشترك معاً في نفس نقاط التجميع (Rodigriouz, et. al, 2002, P.5).

بينما حدد (Ameri, et. al, 2008) ثلاثة أبعاد للتعقد في مرحلة تصميم المنتج وهى تعقد الهيكل Structural Complexity والذي يتعلق بترتيب الأجزاء والارتباط بين الأجزاء ومكونات المنتج، وتعقد الوظائف Functional Complexity الذي يصف عدد ومستوى الارتباط بين الوظائف الأساسية والمدعمة، والتعقد السلوكي Behavioral Complexity الذي يوضح سلوك المنتج والعلاقات بين الوظائف والأجزاء في هيكل المنتج (Ameri, et. al, 2008, P.23).

على الرغم من تعدد الأبحاث والدراسات في تعقد المنتج في مرحلة التصميم، إلا أن هناك عدد قليل من الدراسات التي قدمت مقاييس دقيقة للتعقد في المنتج. بالإضافة إلى أنه هناك قلة في الدراسات التي تناولت الأساليب والأدوات لإدارة التعقد في المنتج. أيضًا معظم الدراسات في حدود علم الباحثين اعتمدت على تحليلات وصفية واستخدمت المدخل الوصفي في دراسة التعقد في المنتج ولم يتم تقديم أي نموذج كمي لقياس التعقد. وبناء علي تحليل المحاولات السابقة في مجال تعقد المنتج، تحاول هذه الدراسة استخدام المدخل الكمى في قياس الآثار الناتجة من تعقد المنتج كخطوة أولى لإشتقاق محددات للتعقد في المنتج، ثم بناء إطار مقترح لقياس مستوى التعقد في المنتج.

٢/١/١٠. التعقد في مرحلة التصنيع والتجميع

Complexity in Manufacturing and Assembly Stage

إن زيادة مستوى التعقد في المنتج يؤدى إلى حدوث صعوبات في نظم التصنيع وفي إدارة التعقد وفى العملية الصناعية والتي قد تؤثر سلباً على أداء نظم التصنيع من حيث الجودة والإنتاجية، والتي أوضحتها العديد من الدراسات السابقة. على سبيل المثال (Fisher and Ittner, 1999; MacDuffie, et. al, 1998).

ولقد أضافت دراسة (MacDuffie, 1999) ثلاثة أنواع من التعقد في المنتج وهي تعقد في نموذج تشكيلة المنتجات، تعقد الأجزاء، وتعقد في خيار المحتوى Option Content. حيث يشير التعقد في تشكيلة المنتجات إلى التنوع في أنواع المنتجات التي تتكون منها تشكيلة المنتجات وتنوع في طلب تلك التشكيلة من الأنشطة المدعمة، أما تعقد الأجزاء يشير إلى زيادة في عدد الأجزاء المكونة للمنتجات وزيادة

في مستوى التشابك والاعتمادية فيما بينها، أما تعقد خيارات المحتوى فيوضح الاختلافات المستقلة في تصميم المنتجات وتصنيعها (Fisher and Ittner, 1999, P.5; MacDuffie, et. al, 1998, P.20).

بينما قدمت دراسة (Cooper, et. al, 1992) ثلاثة مؤشرات لقياس التعقيد في المنتج وهي مؤشر المنتج ، مؤشر العملية، ومؤشر المنتج/العملية. حيث يشير المؤشر الأول إلى التنوع في المنتجات التي تقدمها المنشأة، ويشير المؤشر الثاني إلى مستوى الصعوبة في العمليات الصناعية الأولى، ويشير المؤشر الثالث إلى التفاعلات بين المنتج والعملية بطريقة منظمة والتي تعكس العمليات المميزة والفريدة والمطلوبة لتصميم منتج فريد أو متميز (Cooper, et. al, 1992, P.43).

أما دراسة (Zu, et. al, 2008) فقدمت نموذجاً لتقييم التعقد في نظم التجميع المختلفة عن طريق قياس التعقد استناداً إلى خيارات المشغل التي يحتاجها لإعداد نقطة التجميع الملائمة لتجميع العديد من المنتجات، فكلما زادت خيارات المشغل لإعداد نقاط تجميع متعددة كلما زاد مستوى الخطأ، وزاد الزمن اللازم الذي يحتاجه المنتج للتجميع (Zu, et. al, 2008, P.3).

بينما تعد دراسة (Hu, et. al, 2008) من الدراسات القليلة التي حاولت توفير مقياس ملائم للتعقد استناداً إلى معلومات عملية التجميع وتنوع المنتج. فعرضت الدراسة تعريف التعقد في مرحلة التجميع، وأبرزت مدى تأثير نقاط التجميع في المراحل الأولى على نقاط التجميع في المراحل الأخيرة (Hu, et. al, 2008, P.5).

من العرض السابق لبعض أبرز الدراسات السابقة في مجال التعقد في مرحلة التصنيع والتجميع يمكن القول: أن هناك قصوراً في معظم الدراسات فيما يختص بتحديد مفهوم التعقد في مرحلة التصنيع، وأبعاد ومحددات ذلك التعقد. حيث تناولت معظم الدراسات السابقة التعقد في مرحلة التصنيع والتجميع بالنسبة لمنتجات تجميعية مثل الصناعات الإلكترونية، ولم يتم تناول موضوع التعقد بالنسبة للمنتجات غير التجميعية مثل الزجاج والأغذية والصناعات البترولية، حيث يتزايد مستوى التشابك بين المكونات، وتنوع العمليات في المراحل المختلفة للإنتاج والتي غالباً ما تؤثر على مستوى التعقد. بالإضافة إلى أن معظم الدراسات السابقة في حدود علم الباحثين تناولت التعقد في مرحلة التصنيع والتجميع لكل منتج على حده ولم تتناول عائلات المنتج أو دور أماكن تشغيل المنتج/ مِنصة المنتج Product Platform في مرحلة التصنيع والتجميع.

٣/١/١٠. تعقد المنتج عبر سلسلة التوريد

Product Complexity in Supply Chain

اسفرت مراجعة الدراسات السابقة عن وجود ندره نسبية في الدراسات التي تناولت العلاقة بين مستوى تعقد المنتج وقرارات إدارة سلسلة التوريد، فلقد اقترحت دراسة (Perona and Murgliotta , 2004) وجود علاقة إرتباط قوية بين انخفاض مستوى التعقد في المنتج وزيادة مستوى العلاقة بين كافة الأطراف المشاركة في السلسلة. حيث أن خفض التعقد في سلسلة التوريد يحسن من الكفاءة والفاعلية لسلسلة التوريد وينتج تعقد المنتج في سلسلة التوريد بسبب التنوع Variety ، وعدم التأكد (Perona and Murgliotta. 2004, P.12)، (محمد شاهين، ٢٠١٦).

أما دراسة (Novak and Eppinger, 2001) فأبرزت العلاقة الإيجابية بين تعقد المنتج والتكامل الرأسي من خلال توضيح أثر قرار الشراء من الخارج/التصنيع داخلياً على مستوى تعقد المنتج. وأوضحت الدراسة العناصر الثلاثة الرئيسية للتعقد في المنتج وهى عدد مكونات المنتج، درجة التفاعل ما بين المكونات ودرجة حداثة المنتج. (Novak and Eppinger , 2001 , P.33)

بينما حددت دراسة (Sividasam et. al, 2002) نوعين للتعقد في سلسلة التوريد وهما: التعقد الهيكلي Structural Complexity والذي يرتبط بزيادة عدد العناصر في السلسلة، أما التعقد التشغيلي Operational Complexity فيرتبط بزيادة عدم التأكد للمعلومات وتدفق المواد في النظام الديناميكي للسلسلة (Sividasam et. al, 2002, P.11).

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

واختلفت دراسة (Hu, et. al, 2008) عن الدراسات الأخرى في تناول التعقد في نظام التجميع عبر سلسلة التوريد، حيث حددت أسباب التعقد في سلسلة التوريد والمتمثلة في أعداد العناصر المكونة لسلسلة التوريد، العلاقات ما بين العناصر، والتنوع في كل عنصر في سلسلة التوريد، وعدم تأكد الطلب لكل عنصر في سلسلة التوريد (Hu, et. al, 2008, P.15).

وتجدر الإشارة إلى أن معظم الدراسات السابقة التي تناولت تعقد المنتج في سلسلة التوريد ركزت على أن مصادر تعقد المنتج في سلسلة التوريد هى التنوع وعدم التأكد. ولم يتم التركيز على عوامل أخرى والتي قد تؤثر في تعقد المنتج عبر سلسلة التوريد وهى نوع العناصر، والمنتجات، والعمليات الإنتاجية التي قد تؤثر على التكاليف والكفاءة في سلسلة التوريد. ويمكن تلخيص الدراسات السابقة لتعقد المنتج في مرحلة التصميم والتطوير، مرحلة التجميع والتطوير وسلسلة التوريد في الجدول (١)

جدول (١) : الدراسات السابقة المتعلقة بتعقد المنتج/العملية

أبعاد تعقد المنتج	مؤلف الدراسة		
	تصميم المنتج وتطويره	التصنيع والتجميع	سلسلة التوريد
عدد المنتجات	Salimnen et. Al, (2000)	Cooper, (1993) ; Srivastava and Benton et. al, Hu Frizelle (1996); Sum et al, (1992);	
عدد الأجزاء	Beitz and Pahl-Rodriguez, (1996) ; Torom et al., (2002)	Frizelle (1996; Banker, et. al, (1990); MacFuffie et. al, (1996)	Novak; (2008); Hu, et al, and Persona; (2001) Eppinger (2004); Miragoliotta and Divadasan et. al, (2002)
عدد العمليات	Beitz and Pahl-Rodriguez, (1996) ; Torom et al., (2002)	Cooper et al, (1992)	
عدد الوظائف	Ameri et al., (2008); Dann and Barclay (2000) ; Beitz and Pahl, (1996).	„MacDuffie, et al (١٩٩٦)	
هندسة المكون/المنتج	Fagade et al., (1998); Toro-Rodriguez et al, (2002)		
العلاقات ما بين المكونات	Ameri, et al., (2008); Dann and Barelay (2000)	Cooper, et al., (1992)	
عدم التأكد	Ameri, et al., (2008)	Zhu et al., (2008); Hu, (1996) ; Frizelle et al, (2008)	Hu et al, (2008); Miragilotta and Perona, et al, (2004) ; Sivadason (2002)
حداثة المنتج	Dann and Barclay (2000)		Eppinger and Novak (2001)

(**المصدر**: Orfi, et. al, 2011, P.62)

بعد استعراض الدراسات السابقة المتعلقة بالتعقد في المنتج، يمكن القول أن التعقد في المنتج يستند إلى ثلاثة مقومات أساسية هي: التنوع، التشابك، والتغاير. وتشكل المقومات الثلاثة معاً مصطلح التعقد في المنتج. يمكن دراسة التعقد في المنتج على ثلاثة مستويات هى الأجزاء، والمنتج، وعائلة المنتج. وأن

مجال دراسة التعقد في المنتج إما أن يكون في مراحل التصميم المنتج أو مرحلة التصنيع والتجميع أو من خلال سلسلة التوريد. ويحاول الباحثون في هذه الدراسة دراسة المقومات الأساسية للتعقد على مستوى أجزاء المنتج وفي مراحل التصميم والتصنيع والتجميع.

٢/١٠ الدراسات المحاسبية السابقة المتعلقة بتعقد عمليات النظام التصنيعي

من أبرز الدراسات السابقة التي تناولت تعقد عملية التصنيع: (Cooper, et. al, 1992; Frizelle and Woodcock, 1995; Desmuchk, et. al, 1998; Calinsus, et. al, 1998; Khusana, 1999). حيث اهتمت تلك الدراسات بتعريف التعقد في نظام التصنيع، وتصنيف التعقد في نظام التصنيع إلى نوعين أساسيين هما: التعقد الثابت والذي يرجع إلى تصميم نظام التصنيع ذاته، والتعقد الديناميكي وهو التعقد الناتج من حالة عدم التأكد التي تنشأ من طبيعة موارد ومكونات النظام ذاته والتي يمكن أن يتم تغييرها كل فترة من الزمن.

واختلفت دراسة (Gabriel , 2008)عن الدراسات السابقة في اقتراح أحد عشر مقياساً لقياس التعقد في عمليات التصنيع وهى تشكيلة المنتجات، نسب تشكيلة المنتجات، عدد مكونات المنتج، درجة تعقد العملية، التكامل بين العمليات، تعقد الموارد والآلات، أزمنة التشغيل، ترتيب المصنع، اختلاف حجم الدفعات، اتساع وعمق المنتج وعدد مراكز العمل (Gabriel, 2008, P.30).

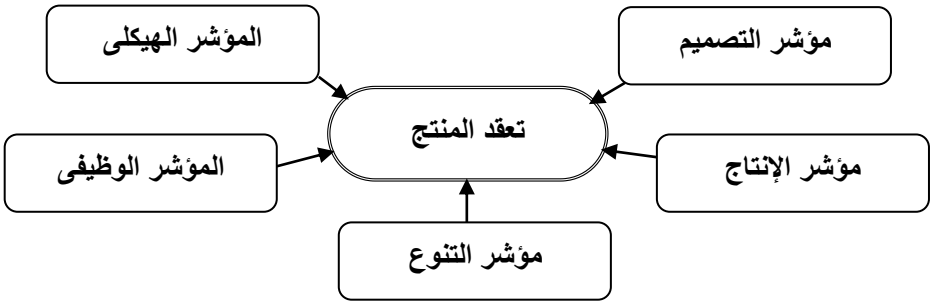
بينما قامت دراسة (Gabriel, 2013) بتحليل أثر ثمانية مقاييس لتعقد عمليات التصنيع على مستوى الأداء التصنيعي للمنشأة باستخدام نموذج مونت كارلو للمحاكاة. وتوصلت الدراسة إلى أن هناك ثلاثة مؤشرات تؤثر بصورة جوهرية على مستوى الأداء التصنيعي في المنتج وهى عمق واتساع هيكل المنتج، عدد مراكز العمل، وعدد مسارات المنتج (Gabriel, 2013, P.80).

ومن الملاحظ وجود ندره في الدراسات السابقة التي تناولت مقاييس تعقد عمليات النظام التصنيعي في حدود علم الباحثون، كما أن تلك الدراسات لم تتناول أفضلية مقاييس معينة لقياس تعقد عمليات التصنيع ولم تقدم الدراسات أية مقاييس مركبة لقياس درجة التعقد في العمليات. بالإضافة إلى عدم التطرق إلى الآثار الناتجة عن التعقد في عمليات التصنيع.

١١- مؤشرات ومقاييس التعقد في المنتج / العملية

من تحليل المحاولات السابقة للتعقد في المنتج/العملية في النقاط السابقة، يمكن اشتقاق عدة مؤشرات للتعقد في العملية / المنتج. حيث يتم اشتقاق مؤشرات التعقد في العملية / المنتج بناءً على تكاليف التعقد التي يحدثها العملية / المنتج في مرحلة التصميم والتطوير ومرحلة التصنيع. يعد اشتقاق تلك المؤشرات خطوة مبدئية لاشتقاق المقاييس الملائمة لكل مؤشر على حده بهدف بناء إطار لتعقد العملية / المنتج.

وتتفق هذه الدراسة مع دراسة (Orfi et.al, 2011) في المؤشرات الخمسة التي قاموا باشتقاقها وهذه المؤشرات هى: مؤشر التنوع Varity، مؤشر الوظائف المطلوبة في المنتج Functional Index، مؤشر الهيكل البنائي للمنتج Structural Index، مؤشر التصميم Design Index، ومؤشر الإنتاج Production Index.(Orfi, et.al, 2011 , P.66). ويمكن توضيح تلك المؤشرات الخمسة من خلال الشكل (٤)



شكل (٤) المؤشرات الخمسة لتعقد المنتج

المصدر:(Orfi, et. Al, 2011, p.67)

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

وتمثل تلك المؤشرات الخمسة التي تم اشتقاقها مصادر للتعقد في مرحلة التصميم والتطوير ومرحلة التصنيع والتجميع. وتختلف الباحثون مع (Orfi, et.al, 2011) في المقاييس التي تم تقديمها لقياس التعقد في المؤشرات المختلفة، ويمكن توضيح المؤشرات والمقاييس المرتبطة بها في الجدول (٢).

١/١١ مؤشر التنوع Variety Index

يعد التنوع هو أكثر المؤشرات شيوعاً في تحديد تعقد المنتج. ويتم دراسة التنوع على ثلاثة مستويات هي: على مستوى المنتجات، على مستوى مكونات المنتج، وعلي مستوى العمليات الصناعية اللازمة لتصنيع المنتجات. يؤدي التنوع في المنتج إلى زيادة مستوى المبيعات من خلال زيادة درجة الاختلاف بين المنتجات. كما أن زيادة التمايز والاختلاف بين المنتجات تؤدى إلى زيادة في التكاليف المرتبطة بالتخزين والإشراف والصيانة والتي تتسبب في زيادة تكاليف التعقد.

جدول (٢): مؤشرات ومقاييس التعقد في المنتج/العملية

المؤشرات	المقاييس الرئيسية	المقاييس الفرعية
مؤشر التنوع	تنوع المنتج	نسبة تمايز المنتج إلى المنتجات المكونة لعائلة المنتج
	تنوع المكون	معدلات التنميط بين المكونات
	تنوع الأجزاء	معدلات التنميط على مستوى الأجزاء
المؤشر الوظيفي	عدد المتطلبات الوظيفية	عدد الوظائف المطلوبة في المنتج
	درجة حساسية العميل لوظائف المنتج	درجة الأهمية النسبية للوظيفة
	مستوى خصوصية الوظيفة للعميل	درجة السماح لاستبعاد الوظيفة
الموشر الهيكلي	عدد المكونات المطلوبة في هيكل المنتج	عدد الخصائص الوظيفية الفرعية المطلوبة
	كمية المواد والأجزاء المطلوبة في قائمة المواد	كمية المواد وعدد الأجزاء المطلوبة
	عدد المستويات في هيكل المنتج	عمق هيكل المنتج
	درجة التشابك بين مستويات هيكل المنتج	درجة اتساع هيكل المنتج
مؤشر التصميم	مستوى الدمج بين مكونات المنتج	قوة علاقة الإرتباط بين الأجزاء
	مستويات الرقابة على جودة تصميم المكونات	حدود مستوى الرقابة على جودة التصميم
مؤشر الإنتاج	أعداد وأشكال مسارات الإنتاج	معدل كفاءة دورة التصنيع
	التفاوت في زمن دفعات الإنتاج	حجم دفعات الإنتاج
	تنوع العمليات الصناعية المطلوبة	معدلات الاستخدام للعمليات المختلفة

(**المصدر**: اسماء سراج، ٢٠١٧)

ومن الضروري عند تحليل ودراسة مؤشر التنوع الذي يحدث التعقد استيعاب مسببات ومصادر التنوع في المنتجات وخصوصاً في المنتجات ذات الطبيعة المتشابهة، حيث يعتبر مؤشر عدد المنتجات المختلفة التي تقدمها المنشأة ليس له معنى للعديد من الشركات: لأن تلك المنتجات يتم تقديمها بناءًا على المواصفات المطلوبة من قبل العملاء. وتختلف درجة التنوع بين المنتجات وفقاً لطبيعة الصناعة والمنشأة. ويتم دراسة التنوع في هذا الجزء لمجموعة من المنتجات (عائلة المنتج) في منشأة صناعية واحدة من خلال تحليل أماكن تشغيل تصميم المنتج Product Platform Design. ويتم بناء مؤشر التنوع من خلال المعادلة التالية:

PVI (Product Varity Index) =W1 (Number of Unique Design Aspects/Product Family) +W2 (Number of Distinct Platforms/ Product Family)

حيث أن:

PVI: تشير إلى تنوع المنتج المرتبط بالتعقد بين مجموعة من المنتجات في نفس المنشأة.

W1, W2: أوزان ترجيحية للعناصر المسببة للتنوع المرتبط بالتعقد في مرحلة تصميم المنتج، ومرحلة الإنتاج والتطوير على التوالى. وكلما زادت قيمة الوزن الترجيحي كلما زاد التنوع المرتبط بالتعقد في المنتج(Orfi, et. al. , 2011) .

أما المستوى الثاني الذى يتم على أساسه دراسة التنوع وهو التنوع بين المكونات، فمعظم الدراسات السابقة مثل (Barclay and Dann , 2000; Eppinger and Novack, 2001) ركزوا على اعتبار عدد المكونات هو المقياس الملائم للتعقد في المكونات، ذلك المقياس يخفض من أثر تنوع المكونات على التعقد، ولا يأخذ في الاعتبار المكونات المشتركة بين المكونات.

في الوقت الحالى تواجه معظم المنشآت تحدي تقديم منتجات ذات مكونات مميزة في السوق، وقد استخدمت العديد من الشركات استراتيجيات بناء عائلة المنتجات Product Family وأماكن تشغيل المنتج/ مِنصة المنتج Product Platforms وذلك لتطوير منتجاتها باستمرار (Alizon, et. al., 2006; Simson and Dosouze, 2009).

إن معظم الدراسات السابقة ركزت على بناء مؤشر لتنوع المكونات يستند إلى مستوى ومعدلات مشاركة المكونات وأجزاء المنتج. لكن في هذه الدراسة يتم بناء مؤشر لقياس تعقد المكون بناءً على معدلات التنميط بين المكون والأجزاء المكونة لها لتحديد تنوع الأجزاء، نسبة الأجزاء العامة إلى الأجزاء الكلية في عائلة المنتج، والتي ترجح بعدد عناصر الأجزاء المميزة في المنتج وعدد الوظائف المطلوبة. ويتم ترجيح نسبة النمطية المكون عن طريق متوسط معدلات التنميط لكل الأجزاء المكونة له على النحو التالي:

إذا كان كل مكون (i) يتم حساب مؤشر التنميط المرجح له Weighted Commabilty Index (WCI)على النحو التالي :

$$WCI = \frac{P_i}{P} * \overline{CR_{Pix}} * \overline{CR_{ie}}$$

where

$CR_{Pix} = P_{ix} / X$

$CR_{ie} = i_e / i$

P_i: عدد المنتجات في عائلة المنتج التي تستخدم المكون (i).

P: عدد المنتجات في عائلة المنتج التي يتم تحليلها ودراستها.

CR_{Pix}: نسبة عدد المنتجات المتمايزة في عائلة المنتج المستخدم X: مثل الحجم، الوزن، اللون، ...

$\overline{CR_{Pix}}$: متوسط معدل التنميط (المشاركة بين المكونات) لكل مواصفات التصميم المتميزة في عائلة المنتج.

CR_{ie}: إجمالي عدد المكونات (i) في عائلة المنتج التي تشترك في الجزء (e) في عائلة المنتج إلى إجمالي عدد المكونات (i) في عائلة المنتج.

$\overline{CR_{ie}}$: متوسط معدلات التنميط لكل العناصر (الأجزاء) (e) المستخدمة بواسطة المكون (i).

يمكن ترجيح مؤشر التنميط (المشاركة بين المكونات) لكل مكونات المنتجات لتقييم مستوى التنميط لكل المنتجات في عائلة المنتج، حيث كلما اقترب WCIمن الواحد الصحيح يعني ذلك ارتفاع معدل التنميط في الأجزاء وانخفاض مستوى التنوع.

أما العنصر الثالث الذي يتم تحليله في مؤشر التنوع هو تنوع العمليات الصناعية Process Variety ، ويمكن قياس تنوع العمليات بمعدلات الاستخدام للعمليات الإنتاجية، حيث يتم قياس معدلات الاستخدام بنسبة العدد الكلي للمكونات التي تتبع مسار إنتاجي معين أو مركز عمل إنتاج معين W إلى العدد الكلي لمراكز الإنتاج M والتي تستخدم نفس المكون (i).

ونظراً لأن تمايز وتنوع مكونات التصميم يمثل عامل مؤثر في تحديد معدلات الاستخدام للمسارات الإنتاجية المختلفة، فيجب إدخال متوسط نسب نمطية مواصفات تصميم الجزء في المعادلة التالية والتي تؤثر في حساب معدلات النمطية لمراكز العمل وبالتالي تصبح المعادلة:

$$\text{Process Commonality Ratio(PCR)} = \frac{i_W}{\sum_{W=1}^{M} i_W} * \overline{CR_{Pix}}$$

حيث أن:

i_w: تشير إلى نسبة أعداد المكونات (i) في مسار إنتاجي محدد أو مركز إنتاجي (w) إلى إجمالي عدد مراكز / مسارات الإنتاج (M) التي تستخدم المكون (i).

٢/١١ المؤشر الوظيفي Functionality Index

يعتبر عدد الوظائف المطلوب أداؤها في المنتج وعدد السمات والخصائص بُعداً هاماً في تعقد المنتج، فكلما زاد عدد الوظائف التي يجب أن يقوم المنتج بأدائها كلما زاد مستوى التعقد في المنتج. إن الحاجة إلى مقابلة عدد كبير من الوظائف في المنتج، يزيد من مستوى زمن تنفيذ العمليات ويخفض من مستوى المرونة والرقابة لدى مهندس التصميم. بالإضافة إلى أنه يؤثر إضافة وظائف جديدة على منحنى التعلم ومتطلبات الرقابة في مرحلة التصميم والإنتاج. ويؤدي زيادة مستوى تنوع مكونات المنتج إلى زيادة في أعداد السمات والخصائص الوظيفية وزيادة التكلفة في مرحلة التصميم والإنتاج (Orfi, et. al, 2011, p.72).

أما المؤشر الفرعي الثاني من أبعاد تعقد وظائف المنتج هو: درجة حساسية المستهلك النهائي للوظائف مع Sensitivity Level of end Users to Functions التي يقوم المنتج بأدائها. كلما زادت درجة حساسية العميل لوظيفة محددة أو خاصية معينة، كلما قلت درجة مرونة التصميم وزاد التعقد.

أما المؤشر الثالث في قياس التعقد في وظائف المنتج هو: درجة خصوصية الوظيفة Function Specificity ، وكلما قلت مستويات التفاوت في أداء المنتج لوظائف معينة، كلما زاد مستوى التعقد ويؤثر ذلك سلباً على المرونة في مرحلة التصميم والإنتاج. ويتطلب أداء المنتج لوظائفه بإحكام أن يتم وضع حدود ضيقة جداً لمستوى التفاوت في أداء الوظائف، وأيضاً زيادة مستوى الرقابة على الجودة في مرحلة التصميم والإنتاج من أجل الوفاء بمتطلبات التصميم. ويتم قياس درجة حساسية العميل، ومستوى الخصوصية من خلال بحوث السوق، والتغذية العكسية لخبراء التصميم. ويقدم ارتفاع مؤشر حساسية العميل ومؤشر خصوصية الوظيفة دليلاً على زيادة مستوى التعقد. يمكن أن يعكس مستوى الخصوصية في وظائف المنتج Product Specification من خلال معايير رقابة جودة التصميم. وتستخدم قيم تلك المؤشرات (درجة حساسية العميل، مستوى الخصوصية في وظائف المنتج) لترجيح التعقد لوظيفة معينة J.

$(CS_j / CS^{max}) * (SL_j / SL^{max})$.

حيث أن:

CS_j :مستوى حساسية العميل لوظيفة J.

SL_j: مستوى الخصوصية الوظيفية J.

SL^{max} , CS^{max}: القيم العظمى لدرجة حساسية العميل، ومستوى الخصوصية على التوالي.

كلما زاد الوزن النسبي واقترب من الواحد الصحيح؛ كلما زاد مستوى حساسية العميل للوظيفة، ومستوى الخصوصية للوظيفة. تساعد متوسطات أوزان التعقد الوظيفي لكل متطلبات أداء المنتج على تخصيص وتقييم مستويات التعقد لكل منتج أو عائلة من المنتجات.

٣/١١ المؤشر الهيكلي Structural Index

يقصد بالتعقد الهيكلي التعقد المرتبط بهيكل المنتج والأجزاء المكونة له. ويستخدم عدد المكونات والأجزاء في المنتج عموماً لوصف التعقد في المنتج. كلما زاد عدد المكونات في المنتج؛ كلما زاد مستوى التعقد في مرحلة التصميم والإنتاج. وزيادة أعداد المكونات ربما يزيد من زمن دورة المنتج، المخزون ومتطلبات رقابة الجودة في الإنتاج. ثم ينعكس ذلك على مستوى التعقد في المنتج.

ولقد اقترح (Hoppe and Spearman , 2008) استخدام مؤشر قائمة المواد أو الأجزاء Bill of Material (BOM)، التي توضح العلاقة بين المنتج النهائي، والأجزاء المكونة له كمؤشر لقياس التعقد في هيكل المنتج. وتتكون قائمة المواد والأجزاء من جزئين: يوضح الجزء السفلي من القائمة عدد الأجزاء والبنود الصغيرة التي تشكل مكونات المنتج، أما الجزء العلوي من القائمة يوضح الطريقة التي تتكامل بها مكونات المنتج معاً ونقاط التجميع الفرعية والرئيسية.

مع افتراض أن مستوى الأجزاء تزداد بمقدار وحدة واحدة عند الصعود من مستوى إلى مستوى أعلى من الأجزاء، فيمكن استخدام مؤشر مستوى صعود الجزء كمقياس تقريبي لتعقد هيكل المنتج كما يلي :

$$\text{Part Level Index} = \sum_{i=1}^{N} e_i * BOM_i$$

حيث أن:

BOM_i: مستوى المكون (i) في قائمة المواد والأجزاء (BOM).

e_i : عدد العناصر في المكون الرئيسي (i).

بافتراض أن العدد الكلي للمكونات N للمنتج الواحد، فمن الممكن استخدام ذلك المؤشر لقياس التعقد على مستوى العنصر، وكلما زاد مستوى تعقد العنصر؛ كلما زاد تعقد المنتج والمكون مقارنة بالمنتجات الأخرى.

أما المؤشر الثالث في دراسة وتحليل التعقد الهيكلي في المنتج هو: درجة التشابك والتداخل بين المكونات. وتساعد دراسة علاقة التشابك والتداخل بين المكونات على التمييز في المنتجات المجمعة والمنتجات غير المجمعة، فربما تكون علاقة التجميع بين المكونات أقل تعقيداً من علاقة التكامل بين المكونات خصوصاً في رقابة الجودة.

٤/١١ مؤشر التصميم Design Index

يرتبط تعقيد المنتج بأوجه تصميم المنتج ومكوناته. ويعتبر مستوى التداخل أو الدمج بين المكونات مؤشراً هاماً في قياس مستوى تعقد التصميم. ويعد المكونان متداخلان إذا كان لا يمكن تغيير أحد المكونات بدون تغيير المكون الآخر. ويقوم مهندسوا التصميم بتحديد مستويات التداخل بين مكونات المنتج وترتيبها في مصفوفة تعكس درجة قوة علاقة التداخل بين المكونات. فكلما زادت درجة التداخل كلما زاد مستوى التعقيد في التصميم وقلت درجة المرونة.

يعتبر المؤشر الثاني لقياس مستوى تعقد التصميم هو مستوى الرقابة على المنتج أو المكون والذي يتم تصميمه. ويمكن أن تؤثر الرقابة على جودة التصميم على طبيعة وظائف وخصائص المنتج. ويرى البعض أن التصميم الجيد هو ذلك التصميم الذي يحقق كافة المتطلبات الوظيفية للمنتج عند أقل عدد ممكن من العلاقات بين المكونات (Ameri, 2008, P.8). إذا تم تصميم المكون ليرتبط بوظيفة هامة ومؤثرة

في المنتج ، فيصبح لدى المصممين مرونة أقل في قرارات التصميم المرتبطة بالمكون ومستوى المرونة ؛ومن ثم يترتب على ذلك زيادة مستوى التعقد أثناء مرحلة التصميم والإنتاج .

وتعتبر حداثة المنتج مؤشراً هاماً في تعقد عملية التصميم لمنتج حديث، وتعد عملية تصميم منتج حديث عملية معقدة وتتأثر وتخضع لاستراتيجية بناء وتطوير المنتج المطبقة في المنشأة. فإذا كانت هناك استراتيجية لإعادة استخدام أماكن تشغيل المنتج/منصة المنتج Product Platform في ضوء مكونات عامة ووظائف عامة سينخفض مستوى التعقد في المنتج. ويمكن أن تخفض أماكن تشغيل إعادة الاستخدام من زمن تطوير المنتج ومصروفات إعادة الاستخدام والتطوير (Mayer and Dala, 2002)، وبناءًا عليه فإن استراتيجية إعادة استخدام منصة المنتج Platform Product تعتبر ضرورة لخفض مستوى التنوع سواء للأجزاء أو العمليات والتي ربما يتم أداؤها لمنتج حديث ومن ثم تنخفض تكاليف التنوع.

٥/١١ مؤشر الإنتاج Production Index

في مرحلة الإنتاج يمكن تحديد العديد من مؤشرات التعقيد مثل: مستوى الترابط والتشابك بين العمليات، عدد مسارات الإنتاج المتاحة لكل منتج أو المكونات. فكلما زاد عدد مسارات الإنتاج الممكنة، زاد مستوى عدم التأكد، وزادت درجة التعقد المرتبط بجدولة الإنتاج وإدارة الإمدادات (Barclay and Dann , 2000, P.7)

بالإضافة إلى زيادة أعداد مسارات الإنتاج فإن عدد الوحدات التي يتم تصنيعها في كل مسار أو دفعة من الممكن أن تصبح مؤشراً أيضاً على تعقد الإنتاج. من الجدير بالذكر أن تلك الأبعاد والمؤشرات ليس من الضروري تطبيقها على كل الصناعات والشركات، ويعد اشتقاق أبعاد ومؤشرات للتعقد خطوة هامة في بناء إطار لقياس التعقد في العملية / المنتج.

١٢. تقييم وتطبيق مؤشرات ومقاييس التعقد في المنتج/العملية

بعد تحديد مؤشرات التعقد في خمسة مؤشرات رئيسية ووضع والمقاييس الملائمة لكل مؤشر من المؤشرات الخمسة، يجب أن يتم تقييم مستوى التعقد في عائلة المنتج التي تقدمها المنشأة إلى العملاء. فقد اقترح (Orfi; et. al, 2012, P. 188) ثلاث خطوات لتقييم مقاييس التعقد في عائلة المنتج هى على النحو التالي:

الخطوة (١): تقييم الأهمية النسبية لمقاييس التعقد في عائلة المنتج

Assess the Relative Importance of Complexity Measurements.

يقوم مهندسوا التصميم بوضع قيمة لكل مؤشر. ويتم وضع قيم للمؤشرات من واحد إلى خمسة، حيث تعكس القيمة خمسة التأثير الأكبر على تعقد المنتج. ويتم حساب المتوسط الحسابي والإنحراف المعياري لكل مقياس. ويتم بناء مصفوفة المقارنات الثنائية Pairwise Comparison Matrix (PCM) حيث أن كل قيمة في (PCM) مقارنة بين كل معدلين / مقياسين معاً، ويتم حساب وزن نسبي لكل مقياس عن طريق Principal Eigenvector من مصفوفة المقارنات الثنائية.

الخطوة (٢): حساب مقاييس التعقد وتطبيقها على كل عائلات المنتجات التي تقوم المنشأة بتطبيقها

Complexity Measurements Calculate

الخطوة (٣): تحليل مستويات التعقد Assess Complexity Analysis

في هذه الخطوة يتم تطبيق Whitenzing Weight Function ، والوصول إلى الوزن النسبي لكل مقياس من مقاييس التعقد، ويتم ترتيبها في جدول للأوزان النسبية لمقاييس التعقد.

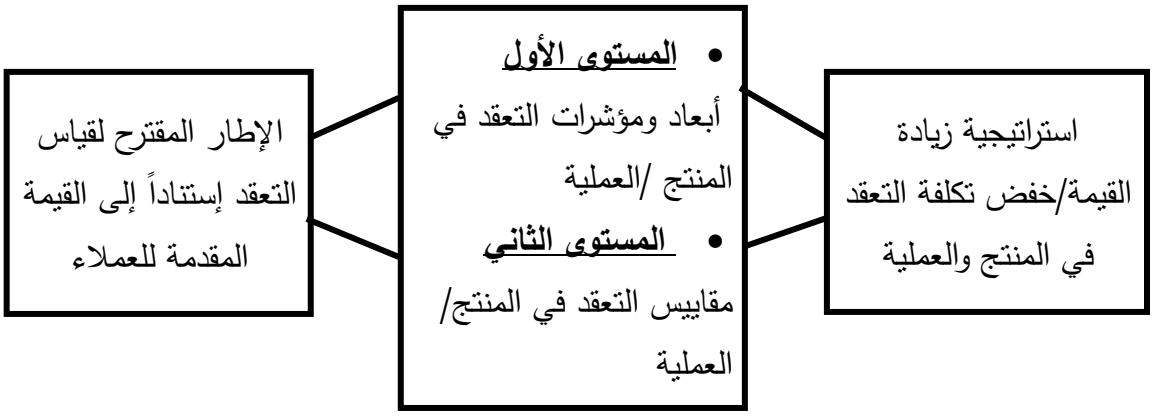
يعكس ذلك الجدول الوزن النسبي لكل مقياس من مقاييس التعقد في المنتج، وما هو أكثر أبعاد المنتج تعقيداً. وتعتبر تلك المؤشرات الخمسة هي بمثابة محددات يمكن بواسطتها الحكم على ما إذا كان العملية / المنتج معقد أم لا في صورة كمية(Orfi, et. al, 2012, p. 189)

١٣. الإطار المقترح لقياس التعقد على مستوى المنتج /العملية

يتضمن الإطار المقترح لتعقد العملية / المنتج على بعدين أساسيين هما: اشتقاق محددات لتعقد العملية / المنتج، واشتقاق مقاييس لقياس التعقد، وكلاهما يجب أن يرتبط ويتوافق مع استراتيجية المنشأة

والتي يجب أن تهدف إلى خلق أكبر قيمة ممكنة للعملاء مع خفض مستوى تعقد المنتج إلى أقل مستوى ممكن. وبالتالي فإن اشتقاق مقاييس في المنتج يهدف إلى مراقبة وتقييم الإنجاز نحو استراتيجية زيادة القيمة، وخفض التعقد في المنشأة.

فيما يتعلق بالبعد الأول والمرتبط بالمستوى الأول من الإطار المقترح وهو أبعاد ومؤشرات التعقد في العملية / المنتج، إن وجود علاقة تفاعل أو علاقات تشابكية بين أبعاد التعقد على مستوى المنتج، والعملية، وهيكل المنشأة يؤدي إلى ظهور مجالات لخفض التعقد وفرصة لإضافة القيمة، أضف إلى ذلك أن علاقة التتابعية أو الاعتمادية بين الأبعاد والمؤشرات وبعضها قد تشكل مجالاً لخفض التعقد. ويُعرف مجال خفض التعقد Complexity reduction Area بأنه: مجموعة المنتجات، والعمليات، والأنشطة التي يجب أن يتم إدارتها بكفاءة من أجل إشباع احتياجات العملاء من الوظائف المطلوبة وخفض تكاليف التعقد المرتبطة بها إلى أدنى مستوى ممكن.



شكل (٥) إطار مقترح لقياس التعقد في العملية/ المنتج

(**المصدر**: اسماء سراج، ٢٠١٧)

وفيما يتعلق بالمستوى الثاني وهو اشتقاق مقاييس للتعقد، من الممكن أن تكون المقاييس مقاييس فردية The individual Metrics ، أو مجموعة مركبة من المقاييس Metrics Sets تعكس معاً هذه المقاييس The Metrics Sets مصادر ومولدات التعقد، حيث يمكن أن تستخدم لقياس التعقد لكل بعد على حده، أو مقاييس مركبة تقيس التفاعل بين مستويات التعقد المختلفة إذا كان لتعقد المنتج محددات ومؤشرات معينة.

١٤- الدراسة الاستكشافية:

قام الباحثون باستخدام أسلوب التحليل العاملى الاستكشافى، وتم إجراء الدراسة الإستكشافية بهدف الوصول إلى أكثر العوامل تأثيراً في تعقد المنتج والعملية اللصناعية في مرحلة التصميم والإنتاج من سلسلة القيمة الكلية.

١٤/ ١. التحليل العاملى الإستكشافى:

التحليل العاملى هو أسلوب إحصائى يعمل على تجميع متغيرات ذات طبيعة واحدة في تركيبة متجانسة مرتبطة داخلياً فيما بينها في تكوين يسمى "عامل" Factor، بحيث يرتبط كل متغير من هذه المتغيرات بهذا العامل، أي أن كل متغير من هذه المتغيرات يتشبع على هذا العامل بقيم متفاوتة توضح الأهمية النسبية لكل متغير من هذه المتغيرات المرتبطة بالنسبة لهذا العامل، بالإضافة إلى ذلك فإن التحليل العاملى هو الأسلوب الإحصائى الذى يمكن أن يصل ويقدم تفسير لمعامل الارتباط الموجب والذى له دلاله إحصائية إلى مستوى التعميم. (Wegener, et. al., 1999, p.3).

ويهدف التحليل العاملى الاستكشافى* إلى الكشف عن العوامل المشتركة التي تؤثر في عدد من الظواهر المختلفة، وينتهى إلى تلخيص الظواهر المتعددة التي يحللها إلى عدد قليل من العوامل. وأهم ما يميز التحليل العاملى الاستكشافى هو قدرته على تقليل المتغيرات الكثيرة وترتيبها في عدد ضئيل من المتغيرات الفرضية والتي تعكس التباين العام Common Variance بين المتغيرات ويطلق عليها العوامل Factor، وهذه العوامل المستخلصة مختارة لتفسير العلاقة بين المتغيرات المدروسة عن طريق هذه العوامل. ويتم إيجاد تلك العوامل بطرق متعددة منها طريقة المكونات الأساسية Principal Components والتي تعد أكثر شيوعاً واستخداماً، ومبرمجة في برنامج التحليل الإحصائى SPSS . إذ تقوم على أساس تحويل المتغيرات قيد الدراسة إلى متغيرات مستقلة متعامدة Orthogonal وتعتمد في إيجادها إما على مصفوفة التباين المشترك Covariance Matrix أو على مصفوفة الارتباط Correlation Matrix، ولقد تم الاعتماد على طريقة المكونات الأساسية عند إجراء التحليل العاملى الاستشكافى في هذه الدراسة.

١٤/ ٢. عينة الدراسة:

اشتملت عينة الدراسة على عدد من الشركات العاملة في قطاع الغزل والنسيج، ولقد تم اختيار مجال وعينة الشركات في ضوء توافر عدد من الشروط وهى: قيام الشركة بإنتاج تشكيلات مختلفة من المنتجات بموديلات مختلفة، وجود اختلاف واضح في مكونات وأجزاء كل منتج عن المنتجات الأخرى داخل نفس التشكيلة، تطبق نظام الدفعات الإنتاجية في أحد أقسامها أو المصانع الفرعية التابعة لها، تطبق تكنولوجيا حديثة للتصميم والتصنيع.

وتحقيقاً للشروط السابقة في طبيعة الشركات محل الدراسة فلقد تم أخذ عينة من ثلاث شركات عاملة في قطاع الغزل والنسيج وهى:

١- شركة مصر للغزل والنسيج
٢- شركة العامرية للغزل والنسيج.
٣- شركة الصناعات النسيجية.

وقامت الباحثون باستخدام أسلوب قائمة الاستقصاء لجمع بيانات الدراسة، كما استخدمت أيضاً أسلوب المقابلات الشخصية مع عدد من مديرى الإنتاج، ومديرى الإدارات المالية والتكاليفية ومهندسى التصميم بهدف الاطلاع على الوضع الحالي لمنتجات الشركة ونظم التكاليف المطبقة لديهم، وكأسلوب للحكم على صدق وعدم تحيز التقديرات المدرجة بأسئلة الدراسة الواردة بقائمة الاستقصاء.

تم فحص ومراجعة الإجابات الواردة في قوائم الاستقصاء للتأكد من استكمالها، ومن موثوقيتها، وقد تم استبعاد عدد من قوائم الاستقصاء إما لعدم استكمال الإجابة أو لاختيار إجابتين مختلفتين للإجابة على نفس السؤال. ويوضح الجدول (٣) إحصائية لكل من مديرى الإنتاج والمحاسبين بالشركات عينة الدراسة:

* التحليل العاملى الإستكشافى هو أحد أنواع التحليل العاملى الثلاثة وهى: التحليل العاملى الاستكشافى، التحليل العاملى التوكيدى، المعادلات البنائية. (Wegener, e al. 1999)

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

جدول (٣) بيانات بعدد مفردات عينة الدراسة من مديرى الإنتاج والمحاسبين

الشركات	عدد القوائم الموزعة		عدد القوائم المستلمة		عدد القوائم المستبعدة		عدد القوائم الصحيحة		نسبة القوائم الصحيحة إلى القوائم الموزعة	
	مديرى الإنتاج	المحاسبين	مديرى الإنتاج	المحاسبين	مديرى الإنتاج	المحاسبين	مديرى الإنتاج	المحاسبين	مديرى الإنتاج	المحاسبين
١-شركة مصر للغزل والنسيج	٤٥	٤٠	٤٠	٣٦	٥	٤	٣٥	٣٢	%٧٧	%٨٠
٢- شركة العامرية للغزل والنسيج	٣٠	٢٥	٢٥	٢٠	٥	٥	٢٠	٢٠	%٦٧	%٨٠
٣- شركة الصناعات النسيجية	١٥	١٤	١٢	١٤	٢	٣	١٠	١١	%٦٧	%٧٧
مجموع مفردات العينة	٩٠	٧٩	٧٧	٧٠	١٢	١٢	٦٥	٦٣	%٧٢	%٧٩.٧

١٤/ ٣. تحليل البيانات:

لقد تم تحليل البيانات التي تم جمعها من خلال استمارة الاستبيان الموجودة في الملحق رقم(١)– وتبويب المتغيرات داخل الاستمارة باستخدام الحزم الإحصائية(SPSS-Version 23) بواسطة اختبار التحليل العاملى الاستكشافى اعتماداً على طريقة المكونات الرئيسية Principle Components واستخراج أهم العوامل المؤثرة والمرتبطة بتلك المتغيرات*. وتعتبر المكونات الرئيسية، هي توليفات خطية من المتغيرات العشوائية الاصلية. وهندسياً تمثل هذه التوليفات الخطية نظام إحداثيات جديد يتم الحصول عليه بتدوير متغيرات النظام الأصلى. لتعطى متغيرات جديدة (عوامل) بأكبر قدر من التشتت كما تعطى وصف أكثر بساطة واختصاراً لهياكل تشتت المتغيرات الأصلية. ويبدأ تحليل المكونات الرئيسية ببيانات عن (P) متغير لعدد من المفردات (n) كما هو في الجدول التالى:

جدول (٤) صيغة البيانات لتحليل المكونات الرئيسية

المتغير / المفردة	X_1	X_2	...	X_p
١	X_{11}	X_{12}	...	X_{1p}
٢	X_{21}	X_{22}	...	X_{2p}
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{np}

١٤/ ٤. تحليل الصدق والثبات لبيانات الدراسة:

إن الثبات يعنى استقرار المقياس وعدم تناقضه مع نفسه، أي أن المقياس يعطى نفس النتائج باحتمال مساو لقيمة المعامل إذا أعيد تطبيقه على نفس العينة، بينما الصدق هو عبارة عن جذر معامل الثبات ومن الجدول (٥) نجد أن العمود الأول scale mean if item deleted يوضح متوسط المقياس عند حذف العبارة، والعمود الثانى scale variance if item deleted يوضح تباين المقياس عند حذف العبارة، والعمود الثالث corrected item total correlation معامل الارتباط المصحح بين كل عبارة والدرجة الكلية للمقياس وتعبر القيم الموجودة عن معامل الاتساق الداخلى، والعمود الرابع يوضح قيمة معامل ألفا كرنباخ Cronbach's Alpha if item deleted عند حذف العبارة، ونجد أن جميع القيم في

* من الممكن أن يبلغ عدد المتغيرات في التحليل العاملى الإستكشافى ثلاثة متغيرات، بينما في التحليل العاملى التوكيدى يجب أن يزيد عن خمسة عشرة متغير على الأقل (Rencher, 2002 ، محمد بوزيان، ٢٠١٢، ص ١١٠).

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

هذا العمود ليس من بينها قيمة أكبر من قيمة Crobnach's Alpha الإجمالية الموضحة في الجدول (٥) والتي تساوى ٠.٩٤٣ وهذا يعنى ثبات كل الأسئلة الموجودة بقائمة الاستقصاء، ويوضح العمود الخامس قيمة معامل الصدق Validity والتي نجدها مرتفعة وتتجاوز ٩٦% لكل أسئلة قائمة الاستقصاء وهذا يدل على ارتفاع صدق الأسئلة مما يدل على كفاءة قائمة الاستبيان وقدرتها على الإيفاء بما هو مطلوب من نتائج ثابتة وصادقة وربما يرجع ذلك لنوعية مفردات العينة.

جدول (٥) قيمة معاملى الصدق والثبات

Item-Total Statistics						
No. of variables	Scale mean if item deleted	Scale variance if item deleted	Corrected item-total correlation	Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if item Deleted	Validity Coefficient
عدد متغيرات الدراسة	متوسط المقياس عند حذف العبارة	تباين المقياس عند حذف العبارة	معامل الارتباط المصحح بين كل عبارة والدرجة الكلية للمقياس	معامل الارتباط المتعدد	قيمة معامل ألفا كرنباخ عند حذف العبارة	قيمة معامل الصدق
V1	٦٢.١٦	٦٠.٧٦٨	٠.٨٢٢	٠.٦٢٧	٠.٩٢٦	٠.٩٦٢٢٩
V2	٦٢.١٨	٦٠.٧٩٩	٠.٧٨٨	٠.٥٢٨	٠.٩٢٧	٠.٩٦٢٨١
V3	٦٢.١٨	٦٠.٨٧٩	٠.٧٩٠	٠.٥٢٧	٠.٩٢٧	٠.٩٦٢٨١
V4	٦٢.١٧	٦٠.٩٠٤	٠.٧٩٠	٠.٥٢٧	٠.٩٢٧	٠.٩٦٢٨١
V5	٦٢.١٢	٦١.٧٦٨	٠.٧٦٧	٠.٥٢٤	٠.٩٢٧	٠.٩٦٢٨١
V6	٦٢.١٥	٦١.٤٠٩	٠.٧٧٧	٠.٥٢٧	٠.٩٢٧	٠.٩٦٢٨١
V7	٦٢.١٠	٦١.٩٢٦	٠.٨١٧	٠.٦٢٧	٠.٩٢٧	٠.٩٦٢٨١
V8	٦٢.١٤	٦٢.١٨٠	٠.٧٠٣	٠.٥٢٣	٠.٩٢٨	٠.٩٦٣٢٣
V9	٦٢.١٤	٦١.٤٥٦	٠.٧٩٥	٠.٦٢٠	٠.٩٢٧	٠.٩٦٢٨١
V10	٦٢.١٠	٦٢.٢٦٢	٠.٧٦٥	٠.٥٢٨	٠.٩٢٨	٠.٩٦٣٢٣
V11	٦٢.١٤	٦١.٧٩٣	٠.٧٤٦	٠.٥٢٨	٠.٩٢٨	٠.٩٦٣٢٣
V12	٦٣.٦٩	٧٠.١٣٢	٠.١٨٧-	٠.١٤٢	٠.٩٤٢	٠.٩٧٠٥٧
V13	٦٣.٧٩	٦٩.١٦١	٠.٩٥-	٠.٠٣٨	٠.٩٣٨	٠.٩٦٨٥٠
V14	٦٣.٧٣	٦٩.٣٠٤	٠.١٠٣-	٠.٠٤٠	٠.٩٤٠	٠.٩٦٩٥٤
V15	٦٣.٧٣	٧٠.٠٧٦	٠.١٨٨-	٠.١٤١	٠.٩٤١	٠.٩٧٠٠٥
قيمة ألفا كرنباخ الكلية		قيمة ألفا كرنباخ الكلية للبنود المعيارية		عدد البنود		
٠.٩٤٣		٠.٩٤٦		١٥		

١٤/ ٥. مخرجات التحليل العاملى الاستكشافى:

تنقسم متغيرات التحليل العاملى الاستكشافى إلى:

١٤/ ٥/ ١. مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة Correlation Matrix

من مصفوفة الارتباط correlation matrix والموضحة في الجدول (٦) نجد أن هناك علاقة ارتباطية طردية بين المتغيرات المختلفة، وعند فحص معاملات الارتباط بين المتغيرات في مصفوفة الارتباط نجد أن معامل الارتباط بين التعقد في المنتج وتنوع المنتج جاء مساوياً r=0,986 مما يدل على وجود ارتباط قوى بين مؤشر التعقد في المنتج ومتغير التنوع في المكونات والأجزاء في المنتج، بينما نجد أن معامل الارتباط بين مؤشر التعقد في المنتج والمتغير الثانى المسبب لحدوث التعقد في المنتج (وهو الوظائف المطلوبة في المنتج) جاء مساوياً 0.983 مما يدل على ارتباط قوى بينهم، ولكن بدرجة ارتباط أقل من ارتباط مؤشر تعقد المنتج مع متغير التنوع في المنتج أما معامل الارتباط بين مؤشر تعقد المنتج

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

ومتغير التعقد الهيكلى في المنتج جاء مساوياً r=0,992 مما يدل على الارتباط القوى بينهم وهو أعلى معامل للارتباط في مصفوفة الارتباطات. أما العلاقة بين التعقد في المنتج وجودة تصميم المنتج فكانت علاقة ارتباط قوية تصل إلى 0,955.

جدول (٦) مصفوفة الارتباط بين المتغيرات المؤثرة في تعقد المنتج

المتغيرات المؤثرة في تعقد المنتج	تنوع المنتج (V1)	عدد الوظائف المطلوبة في المنتج (V2)	تعقد مكونات هيكل المنتج (V3)	جودة تصميم المنتج (V4)	تعقد المنتج (V5)
تنوع المنتج (V1)	١.٠٠٠	٠.٩٦٥	٠.٩١٩	٠.٩٢٤	٠.٩٨٦
الوظائف المطلوبة في المنتج (V2)	٠.٩٦٥	١.٠٠٠	٠.٩٣٦	٠.٩٠٢	٠.٩٨٣
التعقد الهيكلى للمنتج (V3)	٠.٩١٩	٠.٩٣٦	١.٠٠٠	٠.٨٧٣	٠.٩٩٢
جودة تصميم المنتج (V4)	٠.٩٢٤	٠.٩٠٢	٠.٨٧٣	١.٠٠٠	٠.٩٥٥
تعقد العملية / المنتج (V5)	٠.٩٢٨	٠.٩٨٣	٠.٩٩٢	٠.٩٥٥	١.٠٠٠

وقد أسفر تحليل نتائج مصفوفة الارتباطات بين المتغيرات الخمسة المؤثرة على مؤشر التعقد في المنتج والتي قد يكون من الممكن تلخيصها في متغيران كامنان أو عاملان حيث أن هذين العاملين يمثلان بوضوح المعلومات التي تنطوى عليها العلاقات بين المتغيرات المقاسة وهما: التعقد الهيكلى في المنتج، يليه التنوع في المنتج، ولاختزال المتغيرات المؤثرة في عامل التعقد الهيكلى والمتغيرات المؤثرة في عامل التنوع في المنتج وهذين العاملين الأكثر تأثيراً وتفسيراً لمؤشر التعقد في المنتج يجب أولاً: تحديد واستخراج العوامل القائمة على التباين المشترك أو العوامل المشتركة Common Factor، ثانياً: تحديد درجة الشيوع* أو الاشتراكات communalities لتحديد درجة مساهمة كل عامل من العوامل في التأثير على المتغير الرئيسى أو درجة تباين العوامل الفرعية إلى التباين الكلى، تحديد درجة التشبعات** أو معاملات التحميل.

١٤/ ٥/ ٢. تحديد مستوى التباين الكلى المفسر للعوامل Total Variance explained

حتى يتم اختزال العوامل الكامنة يجب تحديد قيم التباين المفسر للعوامل المؤثرة في تعقد المنتج والتعقد الهيكلى، وتنوع المنتج، الوظائف المطلوبة في المنتج ومستوى جودة تصميم المنتج، والذى يوضحه الجدول (٧) حيث يوضح التباين الكلى المفسر ويحتوى الجدول على قسمين رئيسيين: القسم الأول يحتوى على الجذور الكامنة المبدئية Intial Eigenvalues ويتعلق بالجذور لمصفوفة الارتباط ويحدد العوامل التي سوف تبقى في التحليل ، فكل العوامل تقابلها جذور تخيلية أكبر من أو تساوى الواحد الصحيح، لذا سيتم إستبقاؤها. كذلك يتم الحل المبدئى بافتراض عدد العوامل يساوى عدد المتغيرات التي تم إدخالها. فنجد عمود Total يتضمن على الجذور الكامنة لكل عامل مع ملاحظة أن مجموع قيم هذا العمود تساوى عدد المتغيرات =٥، أما عمود % of Variance يوضح نسبة التباين الذى يفسره كل عامل والتي بلغت للعوامل الأربعة على التوالي ٩٥.١٨٥ % ، ٢.٦٦٠% ، ٠.٦٢٩ % ، ٠.٥٢٦% أما عمود % Cumulcative يمثل نسبة التباين التراكمى والتي تعكس نسبة التباين المجتمع الصاعد لعمود نسبة التباين. أما القسم الثانى فيمثل مجموع المربعات المستخلصة لقيم التشبع Extraction Sums of Squared loadings قبل التدوير للعوامل ويتضمن نفس البيانات الموجودة في القسم الأول، ولكن للعوامل التي تم استخلاصها فقط.

* درجة الشيوع Communality: هي عبارة عن درجة شيوع المتغير بإسهامات هذا المتغير في جميع العوامل وتقاس بمجموع مربعات معاملات هذا المتغير في العوامل المختلفة

** درجة التشبع Loading: هي عبارة عن أهمية هذا العامل في تفسير الاختلافات في المتغيرات ويعبر مجموع الجذور الكامنة عن التباين الذى أمكن تفسيره من العوامل.

جدول (٧) تحليل التباين المفسر للعوامل المؤثرة في تعقد المنتج

Total Variance Explained						
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.759	95.185	95.185	4.759	95.185	95.185
2	.133	2.660	97. 845			
3	.026	.629	99.374			
4	.031	.526	93.000			
Extraction Method: Principal Component Analysis.						

وأظهرت نتائج تحليل المكونات الأساسية أن أعلى قيمة للتباين المفسر هي لعامل التعقد الهيكلى جاءت مساوية ٠.٩٩ أي أن القوة التفسيرية للتباين للمتغير الهيكلى فسرت متغير التعقد فى المنتج بقيمة ٠.٩٩ ، ويليها التنوع في المنتج بقيمة ٠.٩٨٣ ثم الوظائف المطلوبة في المنتج بقيمة ٠.٩٨١ وأخيراً مؤشر جودة تصميم المنتج بقيمة ٠.٩٥٤ وقد أسفرت طريقة تحليل المكونات الرئيسية Principal Component Analysis في استخراج أوزان العوامل الكامنة والمسببة لحدوث التعقد في المنتج وهى التعقد الهيكلى للمنتج يليه عامل التنوع، ثم عامل الوظائف المطلوبة في المنتج وأخيرا عامل جودة تصميم المنتج ويمكن توضيح مصفوفة تحليل المكونات الأساسية من الجدول (٨) وحتى يمكن استخراج أوزان للعوامل الكامنة في تفسير مستوى التباين يمكن حساب درجة الاشتراكات Communalities أو ما يطلق عليه أيضاً درجة الشيوع. حيث تعكس درجة الشيوع أهمية العامل في تفسير الاختلافات بين المتغيرات.

جدول (٨) تحليل المكونات الرئيسية لتعقد المنتج

Component Matrix[a]	
Component	
1	
.983	تنوع المنتج
.981	الوظائف المطلوبة للمنتج
.990	التعقد الهيكلي
.954	مؤشر جودة التصميم للمنتج
Extraction Method: Principal Component Analysis.	
a. 1 components extracted.	

١٤/ ٥/ ٣. درجة الشيوع بين العوامل الأساسية المؤثرة في التعقد على المنتج:

يوضح الجدول (٩) درجة الشيوع أو الاشتراكات Communalities وهى مجموع مربع تحميلات العامل على المتغيرات المختلفة والتي استخلصت في المصفوفة العاملية، إن كل متغير يساهم بأحجام مختلفة في كل عامل من العوامل، ومجموع مربعات هذه الاسهامات أو التشعبات في العوامل هي قيمة الاشتراكات حيث أوضحت النتائج أن أوزان العوامل الأساسية المسببة لحدوث التعقد في المنتج: تنوع المنتج بدرجة ٠.٩٦٦ ، وأما الوظائف المطلوبة في المنتج بلغت ٠.٩٦٣ ، فى حين أن التعقد الهيكلى ومؤشر جودة التصميم في المنتج بلغت ٠.٩٨٩ ، ٠.٩١٠ على التوالي. ويشير ذلك أي أن

المتغيرات المكونة لعامل التعقد الهيكلى في المنتج تحقق تركيبه خطية أو علاقة خطية فيما بينها وتفسر أقصى نسبة من تباين العامل إلى التباين الكلى في مقياس التعقد في المنتج بنسبة ٠.٩٩٠

ونتيجة لما سبق: يتضح أنه يمكن اختزال مجموعة العوامل المؤثرة في تعقد المنتج في عامل تعقد الهيكل البنائى للمنتج ذاته أو التعقد الهيكلى حيث أنه أكثر العوامل ارتباطاً في مصفوفة الارتباطات بين العوامل وهى نفس النتيجة التي أكدت عليها مصفوفة تحليل تباين المكونات الرئيسية للعوامل حيث بلغت قيمة التباين المفسر لمجموعة متغيرات التعقد الهيكلى أعلى قيمة ودرجة الشيوع لهذا العامل هي أعلى نسبة لهذا العامل بين العوامل المؤثرة في حدوث التعقد في المنتج.

جدول (٩) درجة الشيوع بين المتغيرات المؤثرة على تعقد المنتج

Communalities		
المتغيرات المؤثرة على تعقد المنتج	Initial	Extraction*
تنوع المنتج	1.000	.966
الوظائف المطلوبة للمنتج	1.000	.963
التعقد الهيكلي	1.000	.989
مؤشر جودة التصميم للمنتج	1.000	.910
Extraction Method: Principal Component Analysis.		

ولقد قام الباحثون بإجراء التحليل العاملى على المتغيرات المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج لتحديد أكثر العوامل أو المؤشرات تفسيراً وارتباطاً به وذلك لاستخراج المقياس الملائم للتعقد الهيكلي في المنتج. هناك أربعة عوامل مؤثرة تم استنتاجها في الفصل الثانى من الدراسة تمثل أكثر العوامل تأثيراً على التعقد الهيكلى وفقاً للدراسات المحاسبية السابقة في الجدول(٢) والعوامل الأربعة هي: (عدد المكونات المطلوبة في هيكل المنتج – كمية المواد والأجزاء المطلوبة في قائمة المواد- اتساع هيكل المنتج- عمق هيكل المنتج) وحتى يتم تحديد أكثر العوامل تفسيراً لعامل التعقد الهيكلى في المنتج ميدانياً فلقد تم إتباع الخطوات التالية:

١- تحديد مصفوفة الارتباط بين العوامل الأساسية المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج
٢- تحليل التباين للعوامل الأساسية المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج
٣- تحديد درجة الشيوع بين العوامل المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج.

١٤/ ٦. تحديد مصفوفة الارتباط بين العوامل الأساسية المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج

بعد بناء مصفوفة الارتباط للعوامل المؤثرة على التعقد الهيكلى للمنتج أظهرت معاملات الارتباط بين العوامل المؤثرة على التعقد الهيكلى للمنتج ووجود علاقة قوية بين عدد المكونات المطلوبة في هيكل المنتج والتعقد الهيكلى حيث بلغ معامل الارتباط ٠.٥٨٤ ، أما معامل الارتباط بين التعقد الهيكلى وكمية المواد والأجزاء المطلوبة في قائمة المواد جاء مساوياً ٠.٨٥٠ ، بينما معامل الارتباط بين التعقد الهيكلى واتساع هيكل المنتج جاءً مساوياً ٠.٩٥٦ مما يدل على علاقة ارتباط قوى بين التعقد الهيكلي واتساع هيكل المنتج، وأخيراً فإن معامل الارتباط بين التعقد الهيكلى وعمق هيكل المنتج جاء مساوياً ٠.٩٧٨ وبناءً عليه إن أكثر العوامل ارتباطاً بالتعقد الهيكلى هى عمق هيكل المنتج واتساع هيكل المنتج ويمكن توضيح مصفوفة الارتباط من الجدول (١٠).

* استخراج العوامل Extraction: تتعلق عملية استخلاص العوامل باختيار مجموعة المتغيرات التي تفسر أكبر قدر ممكن من التباين الكلى، وهذا ما يشكل العامل الأول، ثم يتم اختيار العوامل التي تفسر أكبر قدر من التباين المتبقى.

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

جدول(١٠) مصفوفة الارتباط بين المتغيرات الأساسية للتعقد الهيكلى

Correlation Matrix					المتغيرات المؤثرة في التعقد الهيكلى
عدد المكونات المطلوبه في هيكل المنتج	كميه المواد والأجزاء المطلوبه في قائمه المواد	اتساع هيكل المنتج	عمق هيكل المنتج	التعقد الهيكلي	
1.000	.932	.425	.685	.584	عدد المكونات المطلوبه في هيكل المنتج
.932	1.000	.480	.773	.850	كميه المواد والأجزاء المطلوبه في قائمه المواد
.425	.480	1.000	.833	.956	اتساع هيكل المنتج
.685	.773	.833	1.000	.978	عمق هيكل المنتج
.584	.850	.956	.978	1.000	التعقد الهيكلي

١٤/ ٧. تحليل التباين للعوامل الأساسية المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج:

أكد تحليل التباين للعوامل السابقة على نفس نتيجة مصفوفة الارتباط للعوامل المؤثرة، حيث اعتمدت الباحثون على أسلوب تحليل المكونات الأساسية في اختزال العوامل الأساسية والكامنة في حدوث التعقد الهيكلى في المنتج. حيث فسر عمق هيكل المنتج التباين الكلى لمؤشر التعقد الهيكلى للمنتج بنسبة ٩٩.٠٥٣% ثم متغير اتساع هيكل المنتج بنسبة ٩٧.٠٥% أما عدد المكونات المطلوبة في هيكل المنتج بنسبة ٩٦.٨٤% وكمية المواد والأجزاء المطلوبة في قائمة المواد بنسبة ٨٠.٧% ويمكن توضيح جدول تحليل التباين بين العوامل الأساسية للتعقد الهيكلى ومصفوفة تحليل المكونات الأساسية من الجدول (١١).

جدول (١١) تحليل التباين للمكونات الأساسية المؤثرة في التعقد الهيكلى

Total Variance Explained						
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.035	80.701	80.701	4.035	80.701	80.701
2	.807	16.139	96.840			
3	.111	.947	97.046			
4	.047	2.213	99.053			
5	3.496 E17	6.992 E16	100.000			
Extraction Method: Principal Component Analysis.						

١٤/ ٨. درجة الشيوع بين العوامل المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج:

درجة الشيوع* أو الاشتراكات Communalities هي مجموع مربع تحميلات العامل على المتغيرات المختلفة والتي استخلصت في المصفوفة العاملية، إن كل متغير يساهم بأحجام مختلفة في كل

* الجذر الكامن Eigenvalues: يقيس حجم التباين في كل المتغيرات التي تحسب على عامل واحد، فقيمة الجذر الكامن ليست نسبة لتفسير التباين ولكنها قياس لحجم التباين المستخدم لأهداف المقارنة، فإذا كانت قيمة Eigen > 1 يتم قبول العامل، أما إذا كانت E>1 يتم رفض العامل.

عامل من العوامل، ومجموع مربعات هذه الاسهامات أو التشبعات في العوامل هي قيمة الاشتراكات. وقد كان أعلى المتغيرات أهمية في التأثير على عامل التعقد الهيكلى هو عمق هيكل المنتج بقيمة ٠.٨٨٨ ، يليه اتساع هيكل المنتج بقيمة ٠.٨٤١ وثم عدد المكونات المطلوبة في هيكل المنتج بقيمة ٠.٨٢٢ وأخيراً بلغت أهمية متغير كمية المواد والأجزاء المطلوبة في قائمة المواد والأجزاء ٠.٥١٤ وهو ما يوضحه الجدول (١٢).

جدول(١٢) درجة الشيوع بين المتغيرات المؤثرة في التعقد الهيكلى للمنتج

المتغيرات المؤثرة في التعقد الهيكلى	Communalities	
	Extraction	Initial
عدد المكونات المطلوبه في هيكل المنتج	.822	1.000
كميه المواد والأجزاء المطلوبه في قائمه المواد	.514	1.000
اتساع هيكل المنتج	.841	1.000
عمق هيكل المنتج	.888	1.000
Extraction Method: Principal Component Analysis.		

ونتيجة لما سبق: يمكن القول أن أكثر العوامل ارتباطاً وتفسيراً لمؤشر التعقد الهيكلى في المنتج هو عمق هيكل المنتج واتساع هيكل المنتج لذلك تصبح تلك العوامل هي أفضل وأكثر المقاييس ملاءمة لقياس مستوى التعقد الهيكلى في المنتج والذى هو في ذاته أفضل مقياس لقياس التعقد في المنتج.

بعد إجراء التحليل العاملى الاستكشافى يمكن الوصول إلى نتيجة مؤداها أن أفضل العوامل تفسيراً وتأثيراً في تعقيد المنتج هو تعقد الهيكل البنائى للمنتج، أو التعقد الهيكلى للمنتج والذى يمكن قياسه عن طريق متغيرين رئيسيين هما: عمق هيكل المنتج، اتساع هيكل المنتج. حيث يعكس الأول عدد المكونات والأجزاء المكونة للمنتج على المستوى الرأسى أي عدد المستويات المكونة له، بينما يعكس الثانى عدد المكونات والأجزاء الفرعية التابعة للأجزاء الرئيسية وذلك على المستوى الأفقى، وبالتالي إن أفضل المقاييس والمؤشرات لقياس التعقد في المنتج أو تشكيلة من المنتجات هما: عمق هيكل المنتج واتساع هيكل المنتج. وبناء على ذلك فإن هذان هما أفضل مقاييس تقريبية لقياس التعقد في المنتج. أما أفضل المؤشرات أو العوامل لقياس التعقد في العملية الصناعية فسوف يتم اختبارها في الجزء التالى عن طريق القيام بتحليل عاملى استكشافى لاختزال العوامل المؤثرة على التعقد في العملية الصناعية.

١٤/ ٩. التحليل العاملى الاستكشافى لتعقد العملية الصناعية:

لقد قامت الباحثون بإجراء تحليل عاملى استكشافى للعوامل المؤثرة في تعقد العمليات الصناعية المطبقة في شركات الغزل والنسيج الثلاثة المتعلقة بعينة البحث، وقد تم اشتقاق العوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية فى الفصل الثانى وهى: أعداد وأشكال مسارات الإنتاج، زمن دفعات الإنتاج وتنوع العمليات الصناعية.

وتم إتباع الخطوات التالية لإجراء التحليل العاملى الاستكشافى لتعقد العملية الصناعية وهى:

١- بناء مصفوفة الارتباط بين العوامل الأساسية المؤثرة على تعقد العملية الصناعية.
٢- تحليل التباين بين العوامل الأساسية المؤثرة على تعقد العملية الصناعية.
٣- حساب درجة الشيوع بين العوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية.

١٤/ ٩/ ١. بناء مصفوفة الإرتباط بين العوامل الأساسية المؤثرة على تعقد العملية الصناعية:

تم بناء مصفوفة الارتباط بين العوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية الموضحة في الجدول(١٣) وأظهرت معاملات الارتباط بين العوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية علاقة ارتباط قوى بين تعقد العملية الصناعية واختلاف زمن دفعات الإنتاج حيث بلغ معامل الارتباط r=0.932 بينما معامل الارتباط بين تنوع العمليات الصناعية وتعقد العمليات الصناعية بلغ r=0.907 وهو ارتباط قوى ولكن بدرجة أقل من الارتباط بين عامل التعقد العملية الصناعية واختلاف زمن دفعات الإنتاج، وأخيراً وصل معامل

International Journal of Accounting and Management Sciences
ISSN: 2832-8175 (Special Issue – Arabic - September 2022)
https://scipubhouse.com/?page_id=1035

الارتباط بين تعقد العملية الصناعية وأعداد وأشكال مسارات الإنتاج إلى r=0.886. ومن ثم يمكن القول أن أكثر العوامل ارتباطاً بالتعقد في العمليات التصنيعية هو اختلاف زمن دفعات الإنتاج. ولتحديد أكثر العوامل تفسيراً وملائمة لقياس التعقد في العملية الصناعية فلقد تم إجراء تحليل التباين.

جدول (١٣) مصفوفة الارتباط بين العوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية

Correlation Matrix				
	تعقد العملية الصناعية	تنوع العمليات الصناعية المطلوبة	اختلاف حجم دفعات الانتاج	اعداد واشكال مسارات الانتاج
اعداد واشكال مسارات الانتاج	.886	.671	.717	1.000
اختلاف زمن دفعات الانتاج	.932	.827	1.000	.717
تنوع العمليات الصناعية المطلوبة	.907	1.000	.827	.671
تعقد العملية الصناعية	1.000	.907	.932	.886

١٤/ ٩/ ٢. تحليل التباين بين العوامل الأساسية المؤثرة على تعقد العملية الصناعية:

ويوضح الجدول (١٤) التباين الكلى المفسر Total Variance explained ويحتوى على جزئيين رئيسيين:

الجزء الأول: يحتوى على الجذور الكامنة المبدئية Initial Eigenvalues ويتعلق بالجذور لمصفوفة الارتباط ويحدد العوامل التي سوف تبقى في التحليل، فكل العوامل تقابلها جذور تخيلية أكبر من أو تساوى الواحد الصحيح، لذلك يتم إبقائها. ويتم الحل المبدئى على افتراض أن عدد العوامل يساوى عدد المتغيرات التي تم إدخالها فنجد أن: عمود Total يتضمن الجذور الكامنة لكل عامل مع ملاحظة أن مجموع قيم هذا العمود تساوى عدد المتغيرات = ٣ ، أما عمود % Variance يوضح نسبة التباين الذى يفسره كل عامل فنسبة التباين للعوامل الثلاثة على التوالي بلغت ٨٦.٩٤% ، ٨.٨٣٩% ، ٤.٢٢١% ، وبالنسبة لعمود % Cumulative يمثل نسبة التباين التراكمى المجمع وهو يمثل نسبة التباين المتجمع الصاعد لعمود نسبة التباين.

جدول (١٤) التباين الكلى المفسر

Total Variance Explained التباين الكلى المفسر						
	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
Component	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.478	86.940	86.940	3.478	86.940	86.940
2	.354	8.839	95.779			
3	.169	4.221	91.000			
Extraction Method: Principal Component Analysis.						

الجزء الثانى: يمثل مجموع المربعات المستخلصة لقيم التشبع Extractions Sum of Squared Loadings قبل تدوير العوامل. ويتضمن على نفس البيانات في الجزء الأول ولكن مع العوامل التي تم استخلاصها فقط وهى العوامل التي تكون مجموع الجذور الكامنة أكبر من الواحد الصحيح، ونجد أنه يظهر عامل واحد فقط وتم استبعاد باقى العوامل، وتفسر العوامل المستخلصة تقريباً نسبة ٨٦.٩٤٠ % ، وقد تم استخدام طريقة المكونات الأساسية في تحليل التباين واختزال العوامل المؤثرة في تعقد العملية

الصناعية، حيث أظهرت مصفوفة تحليل المكونات الأساسية أن قيمة التباين المفسر لعامل اختلاف زمن الدفعات الإنتاج من التباين الكلى لعامل التعقد في العملية الصناعية جاءت مساوية ٠.٩٣٥ وهو ما يعنى أن القوة التفسيرية لتباين عامل اختلاف زمن دفعات الإنتاج فسرت متغير التعقد في العملية الصناعية بقيمة مساوية ٠.٩٣٥ ، يليها عامل التنوع في العملية الصناعية بقيمة ٠.٩١٥ ثم عامل أعداد واشكال مسارات الإنتاج بنسبة ٠.٨٧٦ وهو ما أظهره تحليل التباين في الجدول (١٤) ، وتحليل مصفوفة المكونات الأساسية في الجدول (١٥). وبناءً على ما سبق يمكن القول أنه من الممكن اختزال العوامل الأساسية المؤثرة على التعقد في العملية الصناعية في عامل اختلاف زمن الدفعات الإنتاجية. حيث ارتبط عامل اختلاف زمن الدفعات الإنتاجية مع مؤشر التعقد في العملية الصناعية بدرجة ارتباط مرتفعة وفسر نسبة كبيرة من التباين الكلى لعامل التعقد في العملية الصناعية ويمكن حساب درجة الشيوع communalities أو الاشتراكات للتأكد من سلامة وصحة تلك النتائج التي تم التوصل إليها في هذا الجزء.

جدول (١٥) تحليل المكونات الأساسية للعوامل الأساسية المؤثرة على تعقد العملية الصناعية

Component Matrix[a]	
Component	العوامل الأساسية المؤثرة على التعقد في العملية الصناعية
1	
.876	اعداد واشكال مسارات الانتاج
.935	اختلاف زمن دفعات الانتاج
.915	تنوع العمليات الصناعية المطلوبة
1.000	تعقد العملية الصناعية
Extraction Method: Principal Component Analysis.	
a. 1 components extracted.	

١٤/ ٩/ ٣. درجة الشيوع بين العوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية:

تعبر درجة الشيوع أو الاشتراكات Communalities عن مجموع مربعات الجذر الكامن للعوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية وتعكس الأهمية التي حصل عليها كل متغير مع العامل الأساسى، حيث نجد أن أكثر المتغيرات أهمية في تفسير التعقد في العملية الصناعية هو اختلاف زمن دفعات الإنتاج وبلغت أهمية المتغير ٠.٨٧٤ ثم متغير التنوع في العمليات الصناعية المطلوبة وبلغت الأهمية النسبية العنصر ٠.٨٣٨ وأخيراً بلغ متغير أعداد وأشكال مسارات الإنتاج والذى بلغت أهميته النسبية ٠.٧٦٧ وهو ما يوضحه الجدول (١٦) التالى:

جدول (١٦) درجة الشيوع بين العوامل المؤثرة على تعقد العملية الصناعية

Communalities		
Initial	Extraction	
1.000	.767	اعداد واشكال مسارات الانتاج
1.000	.874	اختلاف زمن دفعات الانتاج
1.000	.838	تنوع العمليات الصناعية المطلوبة

بناءً على ما سبق: يعد اختلاف زمن دفعات الإنتاج هو أكثر المتغيرات تفسيراً وملائمة لقياس مستوى التعقد في العملية الصناعية. ويتم إدخال ذلك المتغير فهو المتغير الأهم في قياس التعقد المرتبط بعمليات النظام التصنيعى.

١٥. نتائج وتوصيات البحث والبحوث المستقبلية:

١/١٥. نتائج البحث

١- التعقد مصطلح ذات رؤى متعددة، وقد نشأ هذا التعدد في الرؤى من تعدد الدراسات الأكاديمية التي تناولت مصطلح التعقد، حيث يستخدم مصطلح التعقد في نظم المعلومات وإدارة الإنتاج والعمليات وعدد من الدراسات الأخرى، وبالتالي تعدد الرؤى ووجهات النظر إلى مفهوم التعقد، مما ينشأ عنه تعريفات وقياسات مختلفة للتعقد قد تختلف أو تتفق مع المفاهيم السائدة للتعقد في الدراسات المحاسبية.

٢- يستند مفهوم التعقد في المنتج على أربعة مسببات رئيسية هي التنوع، التغاير، والحداثة والحساسية، حيث يشير التنوع إلى الاختلاف في المكونات والأجزاء المكونة للمنتج أو عائلة المنتج والتي تنشأ عنها اختلاف في الخصائص الوظيفية للمنتج وتنوع في العلاقات التي تربط بين الوظائف المطلوبة والأجزاء اللازمة لأداء تلك الوظائف. أما التغاير فهو تغاير مستوى الطلب على المنتج بواسطة العميل وتباين في الأجزاء المكونة للتصميم، بينما الحداثة يقصد بها حداثة المكونات والأجزاء المكونة لهيكل التصميم وحداثة التكنولوجيا المستخدمة. وأخيراً الحساسية فيقصد بها درجة الحساسية في مقابلة توقعات العميل.

٣- يرجع التعقد في عمليات النظام التصنيعى إلى التعقد في طبيعة عمليات التصنيع المطلوبة لإنتاج تشكيلة المنتجات. ويمكن تقسيم مولدات التعقد في عمليات النظام التصنيعى إلى مولدات داخلية ترتبط بالقرارات التي يتخذها مديرى المنشآت مثل قرار عدد الآلات المطلوبة، شكل وترتيب المصنع. أما المولدات الخارجية فترجع إلى الأسباب الخارجية والتي تقع خارج نطاق تحكم الإدارة مثل تغير أنماط الطلب على المنتجات وإلغاء الأوامر والطلبيات.

٤- اختلفت وجهات نظر الباحثين في دراسة التعقد في المنتج من منظور تنوع المنتجات، المكونات، الأجزاء والوظائف، وهندسة المنتج والأجزاء وهو المنظور الذى يركز على العناصر الأساسية للتعقد في المنتج، بينما يركز البعض الآخر من الباحثين على دراسة التعقد عبر سلسة القيمة الكلية وتشمل مرحلة التصميم والتطوير، مرحلة التصنيع والتجميع، مرحلة ما بعد البيع وهو المنظور الذى يعتمد على دراسة العلاقة بين القيمة – التعقد. وركزت الدراسة على فحص وتحليل التعقد في المنتج في مراحل التصميم والتصنيع والتجميع وعلى مستوى تعقد أجزاء المنتج.

٥- وجود ندرة في الدراسات المحاسبية التي تناولت قياس التعقد في عمليات النظام التصنيعى وتوصلت الدراسات إلى وجود ثلاثة مؤشرات تؤثر بصورة جوهرية على مستوى الأداء التصنيعى في المنتج وهى: عمق واتساع هيكل المنتج، عدد مراكز العمل، وعدد مسارات المنتج واختلاف حجم دفعات الإنتاج. وتم دراسة تأثير المؤشرات الثلاثة على مستوى الأداء التصنيعى باستخدام طريقة مونت كارلو.

٦- توصلت الباحثون إلى خمسة مؤشرات للتعقد في المنتج/ العملية بناءً على تكاليف التعقد التي يحدثها المنتج/ العملية في مرحلة التصميم والتطوير ومرحلة التصنيع. يعد اشتقاق تلك المؤشرات خطوة مبدئة لاشتقاق المقاييس الملائمة لكل مؤشر على حده بهدف الوصول إلى بناء إطار لتعقد العملية / المنتج وهذه المؤشرات هي: مؤشر التنوع، مؤشر الوظائف المطلوبة في المنتج، مؤشر التصميم، مؤشر الإنتاج.

٧- قدمت الباحثون إطار مقترح لقياس التعقد في المنتج والعملية الصناعية ويتضمن الإطار المقترح بعدين أساسين هما: اشتقاق محددات لتعقد العملية/المنتج، واشتقاق مقاييس لقياس التعقد، وكلاهما يجب أن يرتبط ويتوافق مع استراتيجية المنشأة والتي يجب أن تهدف إلى خلق أكبر قيمة ممكنة للعملاء مع خفض مستوى تعقد المنتج إلى أقل مستوى ممكن وبالتالي فإن اشتقاق مقاييس للتعقد في المنتج يهدف إلى مراقبة وتقييم الإنجاز نحو استراتيجية زيادة القيمة وخفض التعقد في المنشأة.

٢/١٥. توصيات البحث:

١- في ضوء الإطار المقترح لقياس التعقد في المنتج والعملية الصناعية، يجب توجيه الانتباه إلى أهمية استخدام مؤشرات ومقاييس التعقد في المنتج والعملية كأساس للحكم على مستوى التعقد في المنتج العملية في المراحل الأولى من سلسلة القيمة الكلية. ويجب أن يكون التركيز الأساسى في ذلك ليس على مقدار تكلفة التعقد فقط، ولكن على مقدار الآثار التي أحدثها التعقد والقيمة التي تم خلقها للعملاء بهذه النفقات ومحاولة الاستفادة من استراتيجيات إدارة التعقد في العملية / المنتج في الوصول إلى المستوى الملائم من تعقد المنتج والعملية الصناعية.

٢- في إطار النموذج الكمى لقياس تعقد المنتج/ العملية على مؤشرات كفاءة أداء العمليات الصناعية، يجب التركيز على تحسين مرونة أداء العمليات الصناعية والأنشطة المرتبطة بتحقيق عوامل النجاح الأساسية للمنشأة والتي في النهاية تساهم في تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنشأة، وبناءً عليه يجب التركيز على أداء العمليات الصناعية بكفاءة على المستوى التشغيلى والتي تساهم في تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنشأة بنجاح.

٣- يجب توجيه اهتمام مديرى المنشآت في ظل بيئة الأعمال الحالية لإنشاء نظام معلومات قائم على أساس قواعد بيانات متكاملة بين نظم التصنيع، نظم محاسبة التكاليف، وقواعد بيانات خطط جدولة الإنتاج والمبيعات، وقواعد بيانات التنبؤ بالطلب توفر تلك القواعد المتكاملة البيانات الملائمة للمنشآت وإمكانية الاستفادة من بيانات القواعد المتكاملة في بناء النماذج التحاورية لحل مشاكل المنشآت، وأيضاً في إطار التنقيب عن البيانات Data mining ، والتنقيب عن العمليات Process mining المؤثرة في تحقيق الأهداف التصنيعية في استراتيجية التصنيع والتي في النهاية تساهم بقدر في تحقيق الأهداف الاستراتيجية.

٤- توجيه برامج التدريب في الشركات الصناعية المصرية إلى تغيير المفاهيم السائدة في قياس كفاءة أداء عمليات التصنيع والتي تركز على المقاييس المالية وتتجاهل المقاييس غير المالية، وأيضاً المفاهيم السائدة بعدم الربط بين الأهداف والاستراتيجيات ونظم قياس الأداء من ناحية، ونظم التكاليف المطبقة في المنشأة من ناحية أخرى والذى يؤدى إلى تعارض في الأهداف، أو انخفاض التركيز بين المستويات الإدارية المختلفة مما يؤدى إلى انخفاض في مستوى الأداء ، بالإضافة إلى ضرورة تغيير المفاهيم السائدة عن تعقد المنتج وتعقد العملية والمرتبطة بأعداد الأجزاء المكونة للمنتج فقط، وإنما هناك عوامل أخرى مؤثرة في تعقد المنتج مثل: التنوع، التغاير، الحداثة والحساسية.

٣/١٥. البحوث المستقبلية

يوصى الباحثون باستكمال الدراسة والبحث في النقاط التالية:

(١) دراسة تعقد العملية / المنتج عبر سلسلة التوريد، والوصول إلى مواطن ومحركات التعقد في المنتج والعملية داخل المنشأة، وخارج المنشأة.

(٢) بناء نماذج كمية للعلاقات التحاورية بين محددات التعقد في تصميم المنتج/ العملية من ناحية، والعوامل المؤثرة على تعقد تصميم نظم التكاليف المختلفة من ناحية أخرى لتحديد دور كل محدد من محددات التعقد في المنتج/ العملية على حدى في التأثير على مستوى التعقد في تصميم نظم التكاليف المختلفة.

(٣) استخدام أساليب وأدوات أخرى لقياس التعقد في المنتج والعملية الصناعية مثل: طريقة المعادلات البنائية مثل: طريقة المعادلات البنائية والتحليل العاملى التوكيدى.

(٤) بناء مقياس مركب لكفاءة أداء عملية التصنيع باستخدام مجموعة أخرى من المؤشرات المالية والمؤشرات غير المالية المستندة إلى معلومات نظام تخطيط الاحتياجات من الموارد في المنشأة Enterprise resource planning [ERP].

(٥) كيفية الاستفادة من بعض السمات الأساسية لتصميم نظام المحاسبة عن الموارد المستهلكة لزيادة المزايا الناتجة من تطبيق نظام المحاسبة على أساس النشاط المعتمد على الزمن للوصول إلى نظام جديد مزيج من النظامين، مع التأكيد على أن النظام المقترح لابد وأن يتضمن ما بين خصائصه اثنين من الإضافات الممكنة والمتمثلة في:

- كيف يمكن توسيع النظام المقترح حتى يأخذ في الاعتبار فرضية عدم الخطية والتي قد تتواجد في بعض الدوال والنظم الإنتاجية المطبقة في بعض الصناعات؟
- كيف يمكن الربط بين هذا النظام المقترح مع عملية التحسين المستمر في إدارة القيود على النحو الذى تقوم عليه نظرية القيود؟

(٦) استخدام مقاييس أخرى لكفاءة الأداء التصنيعى مثل: معدل العائد على الاستثمار، ومعدل الاستفادة من الطاقة حيث أن معيار العائد / التكلفة يعد من المعايير الهامة والأساسية في المفاضلة بين بدائل تصميم نظم التكاليف المختلفة. وبالتالي فإن العائد على الاستثمار قد يعد ضرورى في تحديد التكلفة الثابتة المرتبطة بتطبيق تصميم معين لنظام التكاليف، أما معدل الاستفادة من الطاقة فيعد مؤشر جوهرى في قياس كفاءة الأداء التصنيعى حيث يتم مقارنة معدلات الاستفادة الفعلية من الطاقة مع المعدلات الناتجة من نموذج المحاكاة في كل فترة والتي تعكس أفضل المعدلات الممكنة للاستفادة من الطاقة.

(٧) إمكانية تطبيق فلسفة النظم الديناميكية Dynamic Systems في إطار تطبيق نموذج محاكاة النظم ويتطلب ذلك حلقات التغذية العكسية المستمرة والتي تؤثر على سلوك النظام ككل وتجعل النظام أكثر واقعية، حيث يؤثر ذلك على جانب الطلب من العملاء حيث تزداد القدرة على الاستجابة لطلبات العملاء، وزيادة درجة الحساسية لزيادة الأسعار للمنتجات من جانب، ومن الجانب الآخر وهو العرض يمكن الاستعانة بنموذج برمجة الأهداف الديناميكية في تحديد تشكيلة المنتجات الأفضل للمنشأة عن طريق حلقات التغذية العكسية.

مراجع البحث

Abernethy, Margart, Brownell, Peter and Carter, Paul "product diversity and costing system Design choice: Field study evidence**", Management Accounting Research**, 2001, vol. 12, 2001, pp:261-279.

Deshmukh, Abhijit and Barash, Moshe "Complexity in Manufacturing Systems- part I Analysis of static complicity" **, IIE Transactions**, 1998, vol 30, No 7. Pp. 645-655.

Fisher, Marsakk; sethuraman, Kannan and MacDuffie, John "Product variety and Manufacturing performance : Evidence from the international Automative Assembly plant study" **Management science**, 1996, vol 42. 351-369.

Fredendall, Lawerence and Gabriel, Fair "Manufacturing Complexity: A Quantitative Measure", **POMS conference, Clemson University**, USA, 2013.

Frizelle, Gerry and Woodo cock, Warriter " Measuring complexity as an aid to developing operational strategy", **International Journal of operations and production Management**, 1995, vol. 15, pp. 26-39.

Fry, Timothy; Leitch, Robert and philipoom, Patrick, "Opportunity costing decision heuristics for product acceptance decisions", **Journal of Management Accounting Research**, 2005, vol. 17, pp:95-117.

Gabriel, Fair "Manufacturing complexity:The effects of common attributes of Manufacturing System Design on performance", **Academy of Information and Management Sciences Journal**, 2013, vol. 16, pp: 75-97.

Gabriel, Fair Measuring the manufacturing complexity created by system design. Processing from 38th annual conference of the southeastern Decision Sciences Institutes.

George, Michael, and Wilson, Stephan, **Conquering complexity in your business**, McGraw-Hill Education, 2004.

Hoover, Stewart, and Perry, Ronald "**A simulation: problem solving approach**" Addison-Wesley, 1990,

Jacobs, Mark "product complexity: Theoretical relationships to demand and supply chain costs" **Dissertation Michigin state university**,2008.

Karmarker, Uday; Lederrer, Phillip, and zimmeman Jerold "**Choosing Manufacturing production control and cost Accounting systems**", Edit by, Kaplan, Measures for manufacturing Excellence, Boston, Harvard Business School press, 1990, pp. 353-369.

Lam, Sarah and Ramakrishnan, Sreekanth "A Framework to reduce problem complexity using lean concepts with simulation**" Industrial Engineering Research conference**, 2011, pp. 1-8.

Liu, Kamy and Jenab, Dior, "A graph based Model for manufacturing complexity, International Journal of production Research, 2010, vol. 48, No: 11, pp. 3383, 3392.

Nejati, Mehran; Shafaei, Azadeh and Negati, Mostfa "Issues in Global Business and Management Research: Proceedings of the 28 International on line conference on Business and Management, 2008, http://books-google.com.

Parker, Delvon "Modularity and complexity An examination of the effects of product structure on the intricacy of product systems", **Dissertation Michigan state University**, 2010.

Perumal, Anderi and Wilson, Steven **Waging war on complexity Costs Reshape your cost structure, Free up Cash Flows and Boost Productivity,** McGraw-Hill Education, 2009.

Perumal, Anderi and Wilson, Steven, **Growth in The age of Complexity, Steering your company to innovation, Productivity and Profits in the New Era of Competition,** McGraw-Hill Education, 2017.

Schoute, Martjin, "The Relationship Between Cost System Complexity, Purposes of Use, and Cost System Effectiveness" **The British Accounting Review**, 2009, pp. 208-226.

Siomonis, Robert, "Reducing the cost of complexity: A case study", **Journal of cost management**, 2016, vol. 30, No. I, pp. 31-38.

Suh, Nam-pyo, **Complexity: Theory and Applications**, Oxford University Press, 2005, Oxford University press, New York.

Thomas, Mathew comprehensive framework for complexity resolution in product development, **Dissertation in Wayne state university**, Michigan, 2006.