إطار نظريٌّ لاستعمالِ الهندسةِ المتزامنةِ رُباعيَّةِ الأبعادِ وتحقيق المزايا التنافسيّة

"**Framework Theoretical to Using of Concurrent Four Dimensional Engineering and Achieve Competitive Advantages**"

الطالب: مُحمد راضي رهيف الفلاحيّ [1] **أ.د. عَباس نوار كحيط الموسويّ**

جامعة واسط– كلية الإدارة والاقتصاد

المستخلص

تَمَثَّلَتْ مُشكلة البحث في إهمال **(بُعْد تصميم استدامة المُنْتَج)** وعدم إدراجه ضمن أبعاد تقنيّة الهندسة المُتزامنة، في الوقتِ الذي أصبحت فيهِ التوجُهاتِ العالميّةِ تسعى بشكلٍ جادٍ وكبيرٍ نحو مراعاته، فضلاً عَنْ ضعفِ استعمالِ الوحداتِ الاقتصاديّةِ الصِناعِيَّةِ العراقيّةِ لِهذهِ التقنيّة بِشَكْلٍ كبير، الأمر الذي أثّر سَلباً عَلى مستوى أدائِها وقدرتها التنافسيّة، ولأجل معالجة هذه المشكلة فإنَّ البحث الحالي يهدف أساساً إلى تحديدِ مدى إفادة الوحدات الاقتصاديّة الصِناعِيَّة من استعمالِ الهندسةِ المتزامنةِ رُباعيّةِ الأبعاد في توفيرِ معلوماتٍ ملائِمةٍ لدعمِ البرامجِ والقراراتِ الاستراتيجيّةِ ذات التأثير الاقتصادي والبيئي والاجتماعي؛ لأجلِ تحقيقِ مزايا تنافسيّة معينة. ولأجل تحقيق هدف البحث تم بيان مدى استعمال الوحدات الاقتصاديّة الصِناعِيَّة لتقنيّةِ الهندسةِ المتزامنةِ رُباعيّةِ الأبعاد، فضلاً عن تقسيم الهندسة المتزامنة إلى مرحلتين رئيستين، تناولت كل مرحلة أبعاد معينة من أبعاد الهندسة المتزامنة، فضلاً عن اقتراح مرحلة ثالثة تضم الأبعاد الأربعة. وبعد إجراء دراسة تحليلية نظرية للأدبيات المهتمة بالموضوع تَمَّ التوصل إلى مجموعةٍ مِنَ الاستنتاجاتِ كان أهمها: أنَّ الدراسة الحاليّة هي المرحلة الأكثر توسُعاً لأبعادِ الهندسةِ المُتزامنة، إذ أصبحت ذا أربعة أبعاد، وذلك بَعْدَ اقتراح إضافة (البُعْد الرابع) لَها، وَالمُتَمَثِّل بـ (بُعْد تصميم استدامة المُنْتَج Dimension Designing the Sustainability of the Product)، وتبيَّن أنَّ هناك الكثير من الوحدات الاقتصاديّة التي استعملت تقنيّة الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد ونجحت بذلك، إلّا أَنَّهُ نجاحاً ليس كما ينبغي للبقاء في دُنيا الأعمال، أي أَنَّهُ نجاحاً نسبيّا، وهو ما جعل الدراسة الحاليّة تبحث عن نجاحاً أكثر ضماناً للاستمرار في بيئةِ السوقِ التنافسيّة، وعليه، اتسعت قاعدة المزايا التنافسيّة

المتحققة للوحدة الاقتصاديّة من جرّاء استعمالها لهندسةٍ متزامنةٍ رُباعيّةِ الأبعاد، فالبُعْدِ الرابع والمتمثل بـ (بُعْد تصميم استدامة المنتج) يُشارِك وبشكلٍ كبيرٍ بتحقيق مزايا تنافسيّة إضافيّة، فالبيئة النظيفة لا يمكن أن تتحقّق دون إنتاج مُنْتَجات صديقة للبيئة، فضلاً عن مساهمة هذا البُعْد في المحافظة على الموارد الطبيعيّة المحدودة، وإمكانيّة الإفادة مِنَ المُنْتَجاتِ القديمة بتحويلها إلى مُنتْجَاتٍ جديدةٍ صالحةٍ للاستعمال وهو ما يُسمّى بـ (عمليّة إعادة التدوير).

الكلمات المفتاحية: الهندسة المتزامنة رُباعِيَّة الأبعاد؛ بُعْد تصميم استدامة المنتج؛ المزايا التنافسيّة.

Abstract

The problem of research in neglect is (**Dimension Designing the Sustainability of the Product**) has been greatly strengthened, which has negatively affected the limits of the level of its performance and competitiveness, and in order to address this problem and the research gap on dimensional tests, and to use them in providing appropriate information to support programs and strategic decisions with economic, environmental and social impact , To achieve certain competitive advantages. In order to achieve the objective of the research, the extent of the use of the industrial economic units of the Concurrent four dimensional engineering technology, as well as the division of concurrent engineering into four main stages, were dealt with each dimension of one dimension of concurrent engineering. Following a theoretical analysis of the literature on the subject, a number of conclusions were reached. The most important of these was that the present study is the most extensive phase of the geometry of four-dimensional geometry after the proposal of adding the fourth dimension, since product quality alone in a competitive competitive environment is not sufficient to meet the needs of Customer satisfaction and their continuous and diverse requirements. It has also been shown that many of the economic units that have used 3D synchronized engineering have succeeded, but it is not a good success in

the business world, that is a relative success. In order to continue in a competitive market environment, the competitive advantage of the economic unit has been widened by the use of four-dimensional synchronous engineering. The fourth dimension, after designing the sustainability of the product, Coordination additional competitive advantages, clean environment cannot be achieved without the production of environmentally friendly products, as well as the contribution of this dimension in the preservation of limited natural resources, and the possibility of benefiting from old products by turning it into a usable new products, which is the so-called (the recycling process).

key words: Concurrent Four Dimensional Engineering; Dimension Designing the Sustainability of the Product; Competitive Advantages.

المقدمة

شَهِدَ العَقدَان (الأَخِير مِنَ القَرنِ العِشرِين وَالأوَّل مِنَ القَرنِ الواحِدِ وَالعِشرِين) تَغييرات وَتطورات هائِلة فِي تِقَنيّاتِ الإنتاج، فَضلاً عَنِ ازدِيادِ حِدّةِ المُنافَسَةِ الصِّناعِيّةِ العالَمِيّة، الأمرُ الذِي جَعَلَ الوحدات الاقتصادِيّة الصِّناعِيّة تَتَّجِهُ نَحوَ اختِيار دِينامِيكِيّة عالِية فِي مَجالاتِ الإنتاجِ وَالتسوِيق، لِذا أصْبَحَ تَركِيز تِلكَ الوحدات الاقتصادِيّة الصِّناعِيّة يَنْصَبُ عَلَى تقنيّاتِ الإنتاجِ المُعاصِرةِ ونُظُمِ المَعلومات، لِذلِكَ أصْبَحَ مِنَ المُسَلّماتِ التزامِ الوحداتِ الاقتصادِيّةِ الصِّناعيّةِ العِراقِيّةِ بِتَبَنِّي هذِهِ التِقنيّات المُتَطَوِّرَة؛ كَيْ يَتَسَنّى لَها التَّوَجُه وَالتَّحَرُك نَحوَ العَمَلِ عَلَى تَطَويرِ نُظُمِها الإنتاجِيّةِ عَلَى وفقِ تِلكَ الدِينامِيكِيّةِ العالَمِيّة. إذْ تِقَنِيّة الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة توجُّهاً مُعاصِراً فِي مَجالِ التَّصنِيعِ تَقْتَضِي عَمَلِيّات تَغيير فِي هَيْكَلَةِ الوحداتِ الاقتصادِيّةِ الصِّناعِيّة، وَصِياغَةِ استراتِيجيّاتِها بِما يَدعَم أداء عَمَلِيّاتِها، وَازدادَتْ أهَمِيّة هذه التقنيّة فِي بِدايَةِ القَرنِ الحادِي وَالعِشرِين؛ نَظَراً لِما حَقَّقَتْهُ مِنْ قُدرَةٍ كَبِيرَةٍ فِي مُقابَلَةِ رَغَباتِ الزَّبائِنِ وَحاجاتِهم فِي كُلِّ زَمانٍ وَمَكانٍ مِنْ خِلالِ الاستِجابَةِ السَّرِيعَةِ وَالتِي تُمَثِّلُ مَخرَجات هذه التقنيّة، إذْ أَنَّ الغَرَض الرَّئِيس مِنْها هُوَ تَخْفِيض التَّكالِيف الصِّناعِيّة غَير الضَّرورِيّة وَغَير المُبَرَّرَة، وَزِيادَة الحُصَّة السوقِيّة للوحداتِ الاقتصادِيّةِ الصِّناعِيّة، وَتَلبِيَة رَغَبات الزَّبائِن وحاجاتهم، وَتَقدِيم مُنْتَجات جَدِيدَة، وَزِيادَة القُدْرَة التَّنافُسِيّة الصِّناعِيّة، وَاستِبْعاد الأنشِطَة التِي لا تُضِيف قيمة.

إذْ كانَ أمام الباحِثين السابقين العَدِيد مِنَ التَّحَدِّياتِ لِلخَوضِ فِي مَوضوعِ الهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَة (لاسِيَّما عَلَى المُستَوى المَحَلِّي)، مِنْها وَأهَمُّها نُدْرَة الأدَبِيّات التِي تَناوَلَتْ مُعالَجاتٍ فِكْرِيَّةٍ مُحْكَمَةٍ وَمُعَوَّل عَلَيْها لِهذا المَوضوعِ بِمَنْظورٍ استِراتِيجِي إداري، بِوَصفِ الهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ كَتِقَنِيّةٍ تَنافُسِيّة، وَهِيَ وَإنْ تَوَفَّرَتْ فَإنَّها مُشَتَّتَة وَتَفْتَقِر إلى التَّركِيزِ عَلَى التَّشْخِيصِ المُتَكامِلِ لِلهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ بِمَنظورٍ نُظُمِي أوسَع يُحَقِّقُ التَّرابُط بَيْنَ مُحتَوى وَعَمَلِيّات وَأبْعاد الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة وَبَيْنَ استِراتِيجِيّة التَّصنِيع الفَعّال بَغْيَة تَحْقِيق المَزايا التَّنافُسِيّة، وَفَضلاً عَنْ ذلك، فَإنَّ مِنَ التَّحَدِّياتِ التِي واجَهَها أُولئِكَ الباحِثين هِيَ عَدَمِ اكتِمالِ الصُّورَة فِي أذهانِهِم حَولَ أبعاد الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة، وَالتِي اكتَمَلَتْ اليوم بِأربَعَةِ أبعادٍ أساس، فَفَضلاً عَنِ الأبعادِ الثَّلاثَةِ التِي تَوَصَّلَتْ لَها الدِّراسات السابِقَة أواخِرَ عَقْدِ التِّسْعِينِيّاتِ مِنَ القَرنِ الماضِي عَلَى يَد (Fine) وَالتِي هِيَ (بُعْد تَصميم المُنْتَج، وَبُعْد تَصميم العَمَلِيّة الإنتاجِيّة، وَبُعْد تَصميم سِلْسِلَة التَّجهِيز) تَمَّ اقتِراح إضافَة بُعْداً رابعاً لِلهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ فِي الدِّراسَةِ الحالِيّةِ وَالذِي تَمَثَّلَ بـ **(بُعْد تَصمِيم استِدامَة المُنْتَج)**، لِما لِمَوضوعِ استِدامَةِ المُنْتَجاتِ مِنْ صِلَةٍ وَثِيقَةٍ بِالمُجْتَمَعِ بِصورَةٍ عامّة، وَالوحدةِ الاقتصادِيّةِ بِصورَةٍ خاصّة. مِنْ هذا المُنْطَلَق اقتُرِحَتْ فِي هذا البحث الهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ رُباعِيَّةِ الأبعادِ كَتِقَنِيّةٍ مهمةٍ فِي مَجالِ التَّصنيع، تَهْدُفُ إلى تَحْقِيقِ المَزايا التَّنافُسِيّةِ لِلوحداتِ الاقتصادِيّةِ الصِّناعِيّة، إذْ تَعْمَلْ هذهِ التِّقَنِيّة وَمِنْ خِلالِ عَمَلِيّاتِ التَّصميمِ عَلَى الخُروجِ بِأفْضَلِ النَّتائِجِ مِنْ خِلالِ تَخْفِيضِ التَّكالِيفِ الإنتاجِيّة، وَتَقْلِيلِ وَقت وصول المُنْتَجات إلى السوق، وَالمُحافَظَةِ عَلَى جَوْدَةِ تِلكَ المُنْتَجات، فَضلاً عَنِ المُحافَظَةِ عَلَى البِيئةِ المُحِيطَةِ بِالوحداتِ الاقتصادِيّةِ مِنَ مُشكلاتِ التَّلَوث.

عليه جاءت فكرة هذا البحث، إذ تم تقسيمه إلى خمسة مباحث، يتناول **المبحث الأول** منهجية البحث ودراسات سابقة وما تميَّزت به الدراسة الحاليّة، أما **المبحث الثاني** فيتناول طبيعة الهندسة المتزامنة بشكلٍ عام، في حين خصص **المبحث الثالث** لتناول الإطار النظري لِلهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ رباعيّةِ الأبعاد، أما **المبحث الرابع** فيوضح العلاقة بين الهندسة المتزامنة رباعيّة الأبعاد وتحقيق المزايا التنافسيّة، وختم البحث **بالمبحث الخامس** الذي تناول الاستنتاجات والتوصيات التي توصل اليها البحث.

المبحث الأول: منهجية البحث ودراسات سابقة وما تميَّزت به الدراسة الحالية

أولاً: منهجية البحث

١. **مشكلة البحث:** سعى الباحثون في دراساتهم السابقة والمتعلّقة بإدارة الإنتاج والعمليّات إلى إضفاءِ الأهميّةِ بالتقنيّاتِ والاستراتيجيّات والطرائق الضروريّة؛ بغية تطوير المُنتجات وتحسينها، مِنْ خلالِ الشروعِ باستعمالِ تقنيّاتٍ جديدةٍ ولعلَّ أبرزُها ما يخص موضوع الدراسة الحاليّة "**تقنيّة الهندسة المُتزامنة**" التي تهتم بتقليل وقت التطوير وتحقيق مستويات عالية من الجودة، كون هذه التقنيّة تمثلُ مصدر القوّة التنافسيّة في اتخاذِ القراراتِ بشكلٍ عام، والقرارات الإنتاجيّة مِنها بشكلٍ خاص؛ في سبيل تحقيق رضا الزبون، إلّا أنّ المشكلة تُكمن في إهمال **(بُعْد تصميم استدامة المُنْتَج)** وعدم إدراجه ضمن أبعاد تقنيّة الهندسة المُتزامنة، في الوقتِ الذي أصبحت فيهِ التوجُهاتِ العالميّةِ تسعى بشكلٍ جادٍ وكبيرٍ نحو مراعاته، فضلاً عَنْ ضعفِ استعمالِ الوحداتِ الاقتصاديّةِ الصِناعِيّةِ العراقيّةِ لِهذهِ التقنيّةِ بِشَكْلٍ كبير.

على وفقِ المُشكلةِ المعروضَة، فإنَّ ثمّة تساؤلات يُمكن أنْ تُثار في هذا السِّياق يسعى الباحِثين الإجابةَ عنها من خلالِ هذا البحث، وهي كالآتي:

أ. ما هي طبيعة المُتغيّرات أو المُتطلّبات الأساس للهندسةِ المُتزامنة؟

ب. ما مدى تطبيق الوحدات الاقتصاديّة الصناعيّة لأبعادِ الهندسةِ المُتزامنة؟

ج. ما مدى إمكانيّة تقديم إطار نظري لهندسةٍ مُتزامنةٍ رُباعِيّةِ الأبعادِ يُسْهِمُ في تحقيقِ مزايا تنافسيّة إضافيّة للوحداتِ الاقتصاديّة؟

د. هل هناك علاقة بين للهندسةِ المُتزامنةِ رُباعيّةِ الأبعاد وتحقيق المزايا التنافسيّة؟

٢. **أهداف البحث:** في ضوءِ مُشكلةِ البحثِ والتساؤلاتِ المطروحة، فإنَّ البحثَ يهدفُ أساساً إلى تحقيقِ مجموعةٍ من الأهدافِ وهي كالآتي:

أ. دراسة وتحليل طبيعةُ المُتغيِّرات أو المُتطلّبات الأساس للهندسةِ المُتزامنة.

ب. بيان مدى تطبيق الوحدات الاقتصاديّة الصناعيّة لأبعادِ الهندسةِ المُتزامنة.

ج. تقديم إطار نظري لهندسةٍ مُتزامنةٍ رُباعِيّةِ الأبعادِ يُسْهِمُ في تحقيقِ مزايا تنافسيّة إضافيّة للوحداتِ الاقتصاديّة.

د. توضيح العلاقة بين الهندسةِ المُتزامنةِ رُباعيّةِ الأبعاد وتحقيق المزايا التنافسيّة.

٣. **فرضيات البحث:** يستندُ البحثُ إلى الفرضياتِ الأساس الآتية:

أ. "هُناكَ تَأْثِيراتٌ إيجابِيّة تترتَّبُ على استِعمالِ الهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ رُباعيَّة الأبعاد".

ب. "لا تَسْتَعْمِل الوحدات الاقتصادِيّة الصِّناعِيّة الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة رُباعِيّة الأَبْعاد".

ج. إمكانيّة تَقديم إطار نظري لاستِعمالِ الهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ رُباعِيّةِ الأَبْعادِ لتحقيق المزايا التنافسيّة في الوحدات الاقتِصادِيّةِ الصِّناعِيّةِ".

د. "يُضِيف استعمال الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة رُباعِيّة الأَبْعاد تَحْسِيناتٍ للوحدات الاقتصاديّة الصناعيّة، مِمّا يَنْعَكِسُ بِشَكْلٍ إيجابِي فِي تَحْقِيقِ المَزايا التَّنافُسِيَّة".

٤. أهمية البحث: يستمدُّ البحث أهميّتهُ مِنْ أهميّةِ التطرُّق لِموضوعٍ حديثٍ ومهم يُعَدُّ كالشريان الحيوي في الوحداتِ الاقتصاديّةِ الصناعِيّةِ العالميّةِ بِعامّة، والحاجة الملحّة لهُ في الوحداتِ الاقتصاديّةِ الصناعِيّةِ العِراقيّةِ منها بِخاصّة، ألا وهو موضوع "**الهندسة المُتزامنة رُباعيّة الأبعاد**"، كتقنيّةٍ مهمةٍ لتحقيقِ أداءٍ متميّزٍ ومتفوّق، فضلاً عن تقديمِ منهجيّةٍ نظريّةٍ عمليّةٍ تُساعد الوحدات الاقتصاديّة الصناعيّة على فهمِ كيفيّةِ استعمالِ الهندسةِ المُتزامنةِ رُباعيّةِ الأبعادِ لـ "**تحقيقِ المزايا التنافسيّة**".

٥. اسلوب جمع البيانات: اعتمد الباحثان على نِتاجاتِ الكُتّابِ والباحثين التي تَمَّ جمعُها مِنَ المصادرِ العربيّة (المحليّة وغير المحليّة) والأجنبيّة المختلفة المتمثِّلة بالكتبِ والمجلّاتِ والرَّسائلِ والأطروحات العلميّةِ والبحوثِ ذات الصلة بموضوعِ البحثِ وما منشورٌ مِنْها على شبكةِ المعلوماتِ الدوليّة (الأنترنت).

ثانياً: دراسات سابقة وما تميَّزت به الدراسة الحاليّة

الدراسة	اسم الباحث	عنوان الدراسة
الدراسات المحلية	(البرزنجي، ٢٠٠٧)	"تأثير الهندسة المتزامنة في تطوير المنتج"
	(السُليفاني، ٢٠١٣)	"الهندسة المتزامنة وأثرها في التفوّق التسويقي"
	(الزاملي، ٢٠١٧)	"تكامل تقنيتي تحليل القيمة والهندسة المتزامنة ودوره في تخفيض التكاليف وتحقيق الميزة التنافسية"
	(خضير، ٢٠١٨)	"استعمال الادارة الاستراتيجية للتكلفة والهندسة المتزامنة ثلاثية الابعاد في ترشيد التكاليف"
الدراسات العربية	(عبدالكريم، ٢٠١٣)	"نحو دمج تكاملي بين إدارة التكاليف الإستراتيجية والهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد لتحقيق ميزة تنافسية لمنظمات الأعمال المعاصرة"
	(علي، ٢٠١٥)	"إطار مقترح لإستخدام أسلوب الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد في ظل الإدارة الإستراتيجية للتكلفة بهدف زيادة القدرة التنافسية"
الدراسات الأجنبية	(Barahona, 2003)	"A Ontology – Based Approach to Support the Implementation of Concurrent Engineering in the Innovation Process"
	(Fine et al., 2005)	"Modeling Tradeoffs in Three Dimensional Concurrent Engineering: A Goal Programming Approach"
	(Belay et al., 2011)	"Effects of Quality Management Practices and Concurrent Engineering in Business Performance"
	(Ramana, 2012)	"Concurrent Engineering: Impact on New Product Design and Development in Indian Two Wheeler Auto Industry"

مما سبق، يتبين ضيق المساحة التي خُصِّصت في الدراسات السابقة لأبعاد الهندسة المتزامنة، والاكتفاء بما قدّمه الباحثين السابقين في السنوات الأخيرة من القرن الماضي، إذ اكتفت جميع تلك الدراسات بثلاثةِ أبعادٍ لا غير، كذلك نُدرة الدِّراسات السابقة المحليّة (التي وقع عليها نظر الباحثان) التي تناولت موضوع الهندسة المتزامنة، وفضلاً عن ذلك، فإنّ جميع الدراسات السابقة (على حدِّ علمِ الباحِثان) لم تتوفّق باختيار موضوع الهندسة المتزامنة رُباعِيَّة الأبعاد كتقنيّةٍ مهمةٍ لتحقيق المزايا التنافسيّة الإضافيّة، باقتراحِ إضافةِ بُعْدٍ رابعٍ ومهمٍ لتلك التقنيّة تمثّل بـ **(بُعْد تصميم استدامة المنتج)**.

المبحث الثاني: طبيعة الهندسة المتزامنة بشكلٍ عام

في نطاقِ البحثِ عن الكيفيةِ التي ترفع بها الوحدات الاقتصاديّة قدرتها التنافسيّة، بَرَزَتْ في القرن الماضي تقنيّة تُدعى بـ (الهندسةِ المتزامنة) (Concurrent Engineering) (CE)، نادَتْ بالتزامُنِ بَينَ تصميم المُنْتَج والعمليّة الإنتاجيّة؛ لتحقيق العديدِ من المزايا التنافسيّة، لعلَّ أهمُّها سُرعة تطوير المُنْتَجات ووصولها إلى السوق، وتخفيض التكاليف، وتحسين الجودة، والتسليم بالوقتِ المحدد، وزيادة المرونة في التصميمِ والإنتاج، وخدمات ما بعد البيع، وغيرها (علي، ٢٠١٥: ١-٣)، بناءً على ما تَقَدَّم، وسعياً لتحقيقِ أهدافِ هذا المبحث، تَمَّ تقسيمهُ إلى الفقراتِ الآتية:

أولاً: تعريف الهندسة المتزامنة

لم يَتَّفِق الكُتّابِ والباحثين على صياغةِ تعريفٍ مُحدَّدٍ للهندسةِ المتزامنة؛ بسببِ اختلافِ بيئاتِ العملِ التي ينتمي لها هؤلاء الكُتّاب والباحثين، فمنهم من ينظُر لها من وجهةِ نظرٍ محاسبيّةٍ وإداريّة، وآخرون ينظرون لها من وجهةِ نظرٍ فنيّةٍ وهندسيّة، وفيما يأتي الجدول (١) الذي يُبَيِّنُ بعض **تعريفات** الكُتّاب والباحثين لتقنيّةِ الهندسةِ المُتزامنة.

الجدول (١)

تعريفات تقنيّة الهندسة المتزامنة على وفقِ آراءِ بَعضِ الكُتّابِ والباحثين

ت	المصدر	التعريف
١	(Mc Gillan, 2009: 11)	مدخلٌ منظّم متكامل، لتطويرِ مُنْتَجٍ يؤكِّدُ على الاستجابةِ لتوقُعاتِ الزَّبائِن.
٢	(Yang & Yongquan, 2010: 292)	هندسةٌ تعاونيّة، وهو مدخلٌ جديد لتصميمِ النظام/ المشروع، والذي انتشر في السنواتِ الأخيرةِ الماضيةِ خاصةً في صناعةِ المركباتِ الفضائيّة.
٣	(Braukhane & Romberg, 2011: 1)	مدخلٌ متكامِلٌ؛ لتطويرِ منتجٍ ما متبوعاً بالعمليّةِ المُصاغةِ بِخُطُواتِ تصميمٍ منظّمةٍ تشمل مجالات الخبرة الضروريّة، والزَّبائن.
٤	(Ramana, 2012: 2699)	استراتيجيّةٌ، تُركِّزُ على تحقيقِ الأمثليّةِ وتوزيع موارد الوحدة الاقتصاديّة في عمليتي التصميم والتطوير؛ لضمانِ عمليّةِ تطويرِ منتجٍ كفوءٍ وفعّال، وتعزيز الإنتاجيّة، والتوصُل إلى تصاميم ذات جودة متميّزة.
٥	(Fukuda, 2013: 15)	أداةٌ لتقليلِ وقتِ الوصولِ إلى السوق، بمعنى زيادة الإنتاجيّة، فنجاحُ الهندسة المتزامنة يعود لطريقةِ التفكيرِ الذي يُعبِّر عَنِ الطبيعةِ غيرِ الماديّةِ للمعرفة.
٦	Dongre et al., 2017:) (2766	تصميمٌ متكاملٌ ومتزامن للمنتجاتِ والعمليّاتِ الإنتاجيّةِ، بما في ذلك عمليّات التصنيع والدعم، مع تحقيق الأهداف النهائيّة لرضا الزبائن، مِنْ خلالِ تخفيضِ التكلُفةِ ووقت وصول المُنْتَجات إلى السوق، وتحسين الجودة.

مِمّا تَقَدَّم، تَمَّ مُلاحظة اختلاف الكتّاب والباحثين في صياغةِ تعريفٍ مُحدّدٍ لتقنيّةِ الهندسةِ المُتزامنة، فمِنهم من يرى أنّها "استراتيجيّة"، ومنهم من يرى أنّها "أداة"، في حين وصفها آخرون على أنَّها

"مدخل أو نهج متكامل"، وأَنَّ هذا الاختلاف بين الكُتّاب والباحثين غير مهم؛ نظراً لاتفاقِ أغلبهم على مضمونِ تقنيّة الهندسةِ المُتزامنة، إذ وُصِفَتْ في مضمونِها أنّها تعمل على تكامُلِ المُنْتَجِ والعمليّةِ الإنتاجيّةِ عن طريقِ التكامُلِ لأنشطةِ الوحدةِ الاقتصاديّةِ المُختلفة، والذي بدورِهِ يؤدي إلى تحقيقِ وفوراتٍ في الوقتِ والتكلفة، مع الأخذِ في الحُسبانِ بُعْدِ الجودةِ للمُنْتَج. عليه، يُمكن تعريف تقنيّة الهندسة المتزامنة بالآتي:

الهندسة المتزامنة: هي تقنيّةٌ إداريّة، تسعى لتقليلِ وقتِ وصولِ المُنتجاتِ الجديدةِ إلى السوق، بأقلِّ تكلُفةٍ وأعلى جودة، فضلاً عن تحقيقِ المُرونةِ للاستجابةِ للتغيُّراتِ في الأسواق. وَأَنَّ ملاءَمتها لمتغيِّراتِ بيئةِ العملِ وقُدرتِها على الاستجابة للتغيُّراتِ في حاجاتِ الزبائنِ ورغباتِهم ومتطلّباتِهم بسُرعةٍ كبيرةٍ وبشكلٍ أفضل وأسرع من استجابة المنافسين في الأسواق يؤهِلُها لتكون ذات أهميّةٍ كبيرةٍ في الوحداتِ الاقتصاديّةِ التي تستعملها، وهذا ما سَيَتُمُّ مناقشتهُ في الفقرةِ القادِمة.

ثانياً: أَهَمِيَّة الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة

تَظْهَرُ أَهَمِيَّةُ الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة مِنْ خِلالِ اهتمامِها بأنشطةِ الوحدةِ الاقتصاديّةِ المُتَعَدِّدَةِ بشكلٍ آنِي (Brochtrup & Hermann, 2006: 1). إذ تُكْمَن أهميّتها فِي الآتي:

١. تحسينها لعمليّات تطوير المُنتجات: عَنْ طريقِ إيجادِ الحلولِ المُناسبةِ للمشكلاتِ التي تُرافقُ عمليّات التصميم والتصنيع والتجميع، مِنْ خلالِ معرفةِ جميعِ آراءِ العاملين في الأقسامِ ذاتِ العلاقة في الوحدةِ الاقتصاديّة؛ لتحسينِ قيمةِ كلٍّ مِنَ الوحدةِ الاقتصاديّةِ والزَّبائن (Raudberget, 2010: 685).

٢. **تقليلها لأوقاتِ تطويرِ المنتجات:** مِنْ خلالِ الوفوراتِ الكبيرةِ المتحقّقَةِ في الوقتِ خلال مراحل التصميم والتصنيع والتجميع، إذْ يُساعدُ هذا الأمر الوحدة الاقتصاديّة على تحقيقِ وفوراتٍ كبيرةٍ في التكلُفةِ المتعلّقةِ بالوقتِ الذي تَمَّ توفيره (Pardessus, 2004: 2).

٣. **دورها فِي عمليةِ اتخاذِ قراراتِ التصميم:** ذلك بمُساعدةِ فريقِ العملِ المتعدِّدِ الوظائف، إذْ يُركِّزُ هذا الفريق على الزبائنِ؛ لتحقيقِ وفوراتٍ كبيرةٍ في أوقات التصميم والتصنيع والتجميع، والتي بدورها تحقّقُ المزايا التنافسيّة (Makinen, 2011: 21).

٤. **تركيزها على العمل الجماعي:** لضمانِها الاتصالِ الفعّال والتنسيق والتعاون بين جميع الأطراف في الوحدةِ الاقتصاديّة، فضلاً عن استعمالها مجموعةٍ مِنَ الأجهزةِ والمُعداتِ والأدواتِ والبرامجِ الخاصّةِ بتصميمِ وتصنيع وتجميع وتسويق المُنْتَجات (Mani et al., 2015: 130).

٥. **مُساعدتها على وصولِ الأفكارِ بسُرعةٍ إلى السُوق:** نتيجةً لتقليلِها وقتِ تصميمِ وتطويرِ المُنْتَجاتِ (Yang et al., 2007: 181)، ويَتِمُّ ذلك مِنْ خلالِ حسمِ قرار التصميمِ وتقديمه بوقتٍ

مُبكّر، فضلاً عَنْ تزامُنِ عمليّاتِ التجميعِ والتصنيعِ في الوحدةِ الاقتصاديّة (Ketola, 2002: 35).

ثالثاً: فوائد الهندسة المتزامنة

يمكن توضيح **الفوائد** التي تُحققها **الهندسة المتزامنة** في الجدول (٢) الآتي:

الجدول (٢)

فوائد الهندسة المتزامنة

ت	الفائدة	القياس	النتيجة
١	تقليل أوقات الانتظار	وقت تطوير المُنْتَج	٣٠ – ٧٠ % فأقل
		وقت وصول المُنْتَج إلى السوق	٢٠ – ٩٠ % فأقل
٢	تخفيض التكاليف	العائد على الأصول	٢٠ – ١٢٠ % فأكثر
		تكلفة التصنيع	لغاية ٤٠ % فأقل
٣	تحسين مستوى الجودة	التغيير الهندسي	٦٥ – ٩٠ %
		التلف	لغاية ٧٥ % فأقل
		الجودة الكليّة	٢٠٠ – ٦٠٠ % فأكثر

Source: Helms, Remko, W., (2002), "**Product Data Management as Enabler for Concurrent Eng ineering**", Technische Universiteit Eindhoven, p. (54).

من الجدول (٢) أعلاه، يُلاحَظ أَنَّ هناك فوائد كثيرة لتقنيّة الهندسة المتزامنة، تمثلت بتخفيضها لأوقات الانتظار، وتخفيض التكاليف، فضلاً عن تحسينها لجودة المنتج، وذلك من خلال الإنتاج من أوّل محاولة؛ تجنباً للتلف، وإجراء بعض التغييرات الهندسية المهمة عند تصميم المُنْتَجات، إذْ تكاملت تلك الفوائد المهمة بتكامُلِ تقنيّةِ الهندسةِ المُتَزامِنَةِ عِبْرَ الأجيالِ التي مَرَّتْ بِها هذهِ التقنيّة.

المبحث الثالث: الإطار النظري لِلهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ رباعيّةِ الأبعاد

فِي هذا المَبْحَث سَيَتِمُّ التطرُّق إلى أبعادِ الهندسةِ المتزامنةِ مِنْ خلالِ مَرْحَلَتَيْنِ أساس، كانت قد مرَّت بِهِما تِلْكَ الأَبْعاد، وذلك بناءً على المادةِ العلميّةِ التي قدّمها الكُتّاب والباحثين السابقين والخاصّة بموضوعِ الهندسةِ المُتزامنةِ مُنْذُ نُشأتها إلى يومِنا هذا، فضلاً عَن اقتراحِ مرحلةٍ ثالثةٍ لها بإضافةِ بُعْداً رابعاً ومكملاً للعلاقةِ بين تلك الأبعاد الأربعة والمزايا التنافسيّة، وكما موضّحٌ في الفقراتِ القادمة مِنْ هذا المبحث.

أولاً: مرحلة الهندسة المتزامنة ثُنائِيَّة الأبعاد (2D-CE)

يرى (Marchetta et al.) أنَّ هذهِ المرحلة تقوم على أساسِ تصميمِ كُلٍ مِنَ **المُنْتَجِ والعمليّةِ الإنتاجيّةِ** بشكلٍ مُتزامن، فتصميمِ أجزاءِ المُنْتَجِ المُختلفةِ بالتزامُنِ مع تصميم العمليّة الإنتاجيّة المتضمّنة تخطيط الإنتاج، وطرائق التصنيع، والموارد المطلوبة في هذهِ العمليّة، يُمكن أنْ يؤدي إلى تقصيرِ دورةِ حياةِ المُنْتَج، الأمر الذي يُساعد في وصولِ ذلك المُنْتَج بوقتٍ مبكّرٍ إلى السوق (Marchetta et al., 2011: 672-673). كما يرى (Bogus et al.) أنَّ **التصميم المُتزامن للمُنْتَجِ والعمليّةِ الإنتاجيّةِ** يُعَدُّ مِنَ المهامِ الأساسِ لتقنيّةِ الهندسةِ المُتزامنة، إذْ يتمكّنُ مِنْ خلالهِ فريق عمل الهندسة المتزامنة متعدِّد الوظائف مِنَ القيامِ بتنفيذِ المهامِ المُكلَّفِ بها بالتزامن، وذلك عَنْ طريقِ تصميمِ كافّةِ أجزاءِ المُنْتَجِ وما يتطلّبه مِنْ مُكوِّناتٍ ووظائف ومميّزات، فضلاً عَنْ تصميمِ متطلّباتِ وعمليّاتِ تصنيعِ ذلك المُنْتَجِ مِمّا يجعل العمليّة التصميميّة ذات جَودة عالية وامكانيّة تنفيذها بسُرعة (Bogus et al., 2005: 1180).

كَما أَنَّ **مرحلة الهندسة المتزامنة ثُنائيّة الأبعاد** قَدْ أَثْبَتَتْ فِي نتائِجها الآتي: تخفيض نسبة (٣٠-٦٠%) فِي وَقتِ وصولِ المُنْتَجِ إلى السوق، وَتخفيض نِسبَة (١٥-٥٠%) في تكاليفِ دورةِ حياة المُنْتَجِ، وَتخفيض نسبة (٥٥-٩٥%) في طلباتِ التغييراتِ الهندسيّة (Fine et al., 2005: 390). ويرى (Albizzati) أَنَّ **مرحلة الهندسة المتزامنة ثُنائيّة الأبعاد** تفترض أنّ **تصميم المُنْتَج والعمليّة الإنتاجيّة** ينبغي أنْ يتم آنيّاً مُتضمِّناً الفريق المتعدِّد الوظائف، والذي بدورهِ يتضمّن المُجهِّزين والزبائن (Albizzati, 2012: 22). كما أَنَّ عدم أخذ سلسلة التجهيز في الحُسبانِ وتصميمها بشكلٍ مُتزامنٍ مع كُلٍ مِنْ **تصميمِ المُنْتَجِ والعمليّة الإنتاجيّةِ** قَدْ يؤدي إلى وقوعِ كثيرٍ مِنَ المُشكلات[٢]، والتي أسماها بعض الباحثين بـ "**مخاطر سِلسِلَة التجهيز Supply Chain Risks**" **(SCR)** (علي، ٢٠١٥: ٥٤).

مِمّا تَقَدَّم، يَتَّضِحُ أَنَّ مرحلة الهندسة المُتزامنة ثنائيّة الأبعاد بحاجةٍ كبيرةٍ إلى تصميمِ سِلسلةِ التَّجهيزِ بالتزامُنِ مع تصميم المُنْتَجِ والعمليّةِ الإنتاجيّة؛ للتغلُّبِ عَلى تلك المشكلات التي تواجه

الوحدة الاقتصاديّة، الأمر الذي جَعَلَ الباحِثين السابقين يُضيفون بُعْدَاً ثالِثاً لِلهندسةِ المُتزامنة، إذَنْ، مَنْ أضاف البُعد الثالث للهندسة المتزامنة؟ ومتى تمَّ ذلك؟ وما هو مضمون ذلك البُعْد؟ هذا ما سيكون عليه محور المُناقشة فِي الفقرةِ القادمة.

ثانياً: مرحلة الهندسة المتزامنة ثُلاثيّة الأبعاد (3D-CE)

بَعْدَ أَنْ تَمَّ عرض المرحلة الأولى من المراحل التي مرَّت بها أبعاد الهندسة المتزامنة والمتمثِّلة بـ (مرحلة الهندسة المتزامنة ثنائيّة الأبعاد) سَيَتِمُّ فِي هذهِ الفقرةِ عرض المرحلة الثالثة (**مرحلة الهندسة المتزامنة ثلاثيّة الأبعاد**)، إذْ أصبحت فيها الهندسة المتزامنة ذا ثلاثة أبعاد، وذلك بعد أَنْ تَمَّ إضافة (**البُعْد الثالِث**) لها والمُتَمَثِّل بـ (**بُعْد تصميم سِلسِلة التَّجهيز**). إذْ أكَّدَ (Pal & Trostensson) على أنَّ التصميم المُتزامن للأبعادِ الثلاثةِ يُسمّى بـ (**الهندسة المُتزامنة ثلاثيّة الأبعاد 3D-CE**) وذلك حسب رأي (Fine, 1998) والذي يُعدُّ أوّلَ مَنِ اقترح إضافة البُعْد الثالث للهندسة المتزامنة (**بُعْد سِلسِلة التَّجهيز**)[٣]، لينطلق مِنْ هذا الرأي المزيد مِنَ الأبحاثِ التي تُشِير إلى تطوُّر الأبعاد مِنْ مَرحلةِ الهندسةِ المُتزامنةِ ثُنائيّة الأبعاد (2D-CE) إلى مَرحلةِ الهندسةِ المُتزامنةِ ثُلاثيّةِ الأبعاد (3D-CE) (Pal & Trostensson, 2011: 3).

أمّا للحديثِ عن مضمونِ **سلسلةِ التجهيزِ** فَيَرى (Horngren et al.,) أنَّ **سِلسِلة التَّجهيز** هِي قُدرة الوحدة الاقتصاديّة عَلى التعامُلِ مَعَ المُجهِّزين؛ لتوفيرِ مَوادٍ تتّفقُ مَعَ مَوارِدِها وَقُدراتِها؛ مِنْ أَجْلِ إنتاجِ مُنتجاتٍ يُمكِنُها تلبيةِ احتياجاتِ الزَّبائِنِ وَمُتَطَلَّباتِهِم (Horngren et al., 2012: 713-714)، وخلال تصميم تلك السِلسِلة يَتِمُّ تَحديد الشبكة الاستراتيجيّة التي تربط الزَّبائن والمُجَهِّزين والوحدة الاقتصاديّة، بما فِي ذلك عمليات البيع والشراء (Albizzati, 2012: 23) .

كما يرى (Tayal) أَنَّ **مرحلة الهندسة المُتزامنة ثُلاثِيَّة الأبعاد** تُعَدُّ أكثرَ ملاءَمةً لمتطلّباتِ بِيئةِ العَمَلِ التنافسيّة، إذْ تُساعِدُ فِي تقصيرِ دَورةِ حَياةِ المُنْتَج، مِمّا يُؤدِي بِدَورِهِ إلى تَخفيضٍ حقيقي فِي التكاليف، وَتحقيقِ وفوراتٍ فِي الوَقت، وَالمُحافظةِ عَلى أقصى مستوىً مِنَ الجَودَة، فضلاً عَنْ توفيرِ القَدَرِ الكافِي مِنَ المُرونةِ لأجلِ الاستجابةِ للتغيُّراتِ فِي حاجاتِ الزَّبائِنِ وَرَغَباتِهِم (Tayal, 2012: 679).

فضلاً عَنْ (Fine, 1998) يَتَّفِقُ كثير مِنَ الكُتّابِ وَالباحِثين وَمِنْهُم: (Holmberg, 2002: 2)؛ (Pesonen, 2003: 16)؛ (Fine et al., 2005: 390)؛ (Branoff, 2005: 2-6)؛ (Johansson, 2010: 2)؛ (Pal & Trostensson, 2011: 3)؛ (Albizzati, 2012: 22)؛ (Nahmias & Olsen, 2015: 354) على أَنَّ أبعاد الهندسة المتزامنة هِي "ثلاثة أبعاد أساس"، يَتِمُّ تنفيذها بالتزامن، تَتَمَثَّلُ فِي بُعْدِ تصميم المُنْتَج، وَبُعْد تصميم العمليّة الإنتاجيّة، وَبُعْد

تصميم سِلسِلة التَّجهيز. أمّا الدِّراسَة الحاليَّة فَهِيَ تَسْعى لِتَناولِ الهَنْدَسَةِ المُتَزامِنَةِ بِصورَةٍ أَكْثَر تَوسُعا مِنْ ناحِيَةِ أَبْعادِها، إذْ سَيَتِمُّ اقتِراح إضافة بُعْداً رابِعاً لَها؛ لتحقيق المزايا التنافسية للوحداتِ الاقتصادِيَّةِ الصناعيّة، وَهذا ما سَيَتِمُّ التَّطَرُّق إلَيه ومُناقشته بِشَيْءٍ مِنَ التَّفصِيلِ فِي الفَقَرةِ القادِمَة.

ثالثاً: اقتراح مرحلة الهندسة المتزامنة رُباعيّة الأبعاد (4D-CE)

بَعْدَما اتفق الكثير من الكُتّابِ والباحثين على مرحلة الهندسة المتزامنة ثُلاثيَّة الأبعاد، والتي عُدَّت المرحلة الأكثر شيوعاً واستعمالاً إلى يَوْمِنا هذا في الكثيرِ من الوحداتِ الاقتصاديّةِ التي تتبنّى الهندسة المتزامنة، جاءَتْ الدِّراسة الحاليّة كمرحلةٍ أكثر توسُعاً لأبعادِ الهندسةِ المُتزامنة، لتصبح ذا أربعة أبعاد، وذلك باقتراح إضافة **(البُعْد الرابع)** لَها، وَالمُتَمَثِّل بـ **(بُعْد تصميم استدامة المُنْتَج Dimension Designing the Sustainability of the Product) (DDSP)**، إذْ يشتمل هذا البُعْد على دراسة جوانب الاستدامة[٤]؛ لأهميّةِ موضوعِ الاستدامةِ الكبيرةِ فِي العالَمِ اليَوم، فضلاً عن حجمِ مردودهِ الإيجابيِّ الكبيرِ على المجتمعِ العِراقي بِشَكْلٍ عام، وَعَلَى البِيئةِ الصِناعِيّةِ العِراقيّةِ بِشَكْلٍ خاص، إذْ سَيَتِمُّ التركيز في هذا البُعْد على قضيّتين مهمتين من قضايا الاستدامة، ألا وَهُما **(أَنْ يَكون المُنْتَج صَدِيقاً للبيئة، وَامكانيّة إعادة تدويره)**[٥]؛ سعياً لتغطية جوانبِ الاستدامة. إذ يؤكِّد (Dongre et al., 2017: 2766) أَنَّ الفكرة الأساس للهندسةِ المُتزامنةِ تدور حول مفهومين، **الأوّل** هو: أَنَّ جميع عناصر دورة حياة المُنْتَج من الناحيةِ الوظيفية، والإنتاجيّة، والتجميع، وقابلية الاختبار، وقضايا الصيانة، **والتأثير البيئي، وإعادة التدوير**، ينبغي أَنْ تُؤخَذُ فِي الحُسبانِ وَبِعِنايةٍ كبيرةٍ فِي مراحلِ التصميمِ المُبَكِّرَة، أمّا المفهوم **الثاني**، فهو: أَنَّ أنشطة التصميم السابقة ينبغي أَنْ تحصل جميعها في نفسِ الوقت، والفكرة هِي أَنَّ الطبيعة المُتزامنة لهذهِ العناصرِ تزيد بِشَكْلٍ كبيرٍ مِنَ الإنتاجيّةِ وَجَودَةِ المُنْتَج.

كَما يرتئِي (Kim et al., 2014: 44) أَنَّ أَحَّد الدوافع وراء موضوع الاستدامة هُوَ أَنَّ الزَّبائِن يطلبون المزيد مِنَ المُنْتَجاتِ غَيْرِ الضارّة بِصِحَّتِهِم وَسَلامَتِهِم، وَكذلِك **المُنْتَجات الصَّدِيقة لِلبيئةِ** المُتَعَلِّقَةِ بإعادَةِ الاستِعمال، **وَإعادَة التَّدوير**، وإعادة تصنيع المُنْتَجات القديمة. ويرى (Ishioka & Yasuda, 2009: 1699) أَنَّهُ في كثيرٍ من الحالات يكون الغرض من تطوير المُنْتَج[٦] هو إضافة تحسينات وتعديلات على أداءهِ ووظائفه؛ لتحقيقِ أفضل مستوىً مِنْ رِضا الزَّبائِن، وَمَعَ ذلك، فَإنَّ تلك التحسينات و/ أو التعديلات على أداء المُنْتَج و/ أو وظائِفه لَيْسَت العوامل الفعّالة لِرضا الزَّبائِن في أسواقِ اليَوم، لذلك، يجب تحديد الاتجاه المختلف لتطوير المُنْتَجات، وهو اتجاه **إنتاج المُنْتَجات المُستدامة**. كما يَرى (Dyllick & Rost, 2017: 1) أَنَّهُ عادةً ما يُنْظَرُ إلى **موضوعِ استدامةِ المُنْتَجِ** مِنْ **مَنظورِ الأعمالِ التجاريّة**؛ بِهَدَفِ تَقليلِ المَخاطِرِ المُرتَبِطَةِ بِالمُنْتَجات،

أو تَمييز المُنْتَج عَمّا يُقَدِّمَهُ المُنافِسين، وَمُعْظَمُها ذاتَ تأثيراتٍ مَحدودَةٍ لِلتنميةِ المُستدامة، أمّا مِنْ **وُجهَةِ النَّظَرِ الاجتماعِيّة**، فيُنْظَرُ إلى **موضوعِ استدامةِ المُنْتَجِ** بِهَدَفِ المُساهَمَةِ فِي التَّنمية المُستدامة، مِنْ خِلالِ الحَدِّ مِنَ التَّأثيراتِ البِيئيّةِ أو مِنْ خِلالِ تَحسِينِ الحالةِ الاجتماعِيّة. وَالشَكل (١) الآتي يُوَضِّح تصنيف مُستويات تطوير استدامة المُنْتَج.

الشكل (١)

تصنيف مُستويات تطوير استِدامَة المُنْتَج

Source: Dyllick, T., & Rost, Z., (2017), "**Towards true product sustainability**", Journal of Cleaner Production, Vol. (162), p. (3).

مِنَ الشَكْلِ (١)، يَتَّضِحُ أَنَّ المُسْتَوى الأوَّل يَتَمَيَّزُ بِالتَّطَوُّراتِ التي تَنْتَقِلُ مِنَ "**التَّحْسِيناتِ الإنْتِقائِيَّة**" إلى "**التَّحْسِيناتِ الشّامِلَة**" لِلمُنْتَجات، وَمِنْ ثُمَّ تَتَعَدّى التَّحْسِينات المُحَدَّدَة لِلمُنْتَجات. أمّا المُسْتَوى الثّانِي فَيَتَمَيَّزُ بِالتَّطَوُّراتِ مِنْ "**مُنْتَجاتٍ أَفْضَل**" إلى "**مُنْتَجاتٍ جَيِّدَة**"، إذْ يَتِمُّ عادَةً تَعريف المُنْتَجات الأَفْضَل بِطَرِيقَةٍ نِسْبِيَّة، عَنْ طَرِيقِ مُقارَنَتِها بِالمُنْتَجاتِ المَوجُودَةِ أو الحلول البديلة فِي السُوق، إلّا أَنَّ المُنْتَجات الجَيِّدَة يَتِمُّ تَحْدِيدِها بِمُقارَنَتِها بِبَعْضِ المَقاييسِ المُطْلَقَةِ أو مَعَ مِعْيارٍ أساسٍ لِأَداءِ الاستِدامَة. فِيما يُوَضِّحُ المُسْتَوى الثّالِث التَّطَوُّرات مِنْ "**قِيْمَةِ المُنْتَج**" إلى "**قِيْمَةِ المُجْتَمَع**"، وَعَلَى وفقِ هذا المُسْتَوى، فَإِنَّهُ لا يَكْفِي أَنْ نُشارِك فِي مُنْتَجٍ مُسْتَدامٍ فَقَط، وَلكِنْ ينبغي المُشارَكَة فِي عالَمٍ مُسْتَدام.

فِي هذا الصَّدَدِ يَرى (Johansson, 2007: 9) أَنَّ التنمية المستدامة تُعرّف على أَنَّها: التنمية التي تُلَبِي احتياجات الجيل الحالي، دون المساس بموارد الأجيال القادمة لتلبية احتياجاتهم

الخاصّة. كما يرى (Siva) أَنَّ الاستدامة هي بمثابة نقطة انطلاق للابتكارات التنظيميّة والتكنولوجيّة التي تحقق عوائد وأرباح عالية في نهايةِ المَطاف، كما أنَّ الوحدات الاقتصاديّة قادرة على تخفيضِ التكاليفِ من خلال تقليل المُدخلات التي تستعملها إذا أصبحتْ **صديقة للبيئة**، وغالباً ما يُنْظَر إلى موضوعِ التنميةِ المُستدامةِ على أساسِ ثلاثةِ جوانبٍ هِي (الجانب الاقتصادي، والجانب البيئي، والجانب الاجتماعي)، إذْ ركَّزت خُطُوات الاستدامة على **استراتيجيّات نهاية عمر المنتج End of Life Strategies (ELS)**، وإيجاد الطرائق المناسبة للتخلص من المُنْتَجاتِ التالفةِ والمُستهلكة، وهذه الطرائق متمثلة بالآتي (Siva, 2016: 1-9):

١. التحكُّم بالمواد التالفة الخطرةِ الناتجةِ عَنِ الإنتاج، وَالانبعاثاتِ عند التخلص مِنَ المُنْتَجات المُستهلكةِ بِالشكلِ الذي لا يُسَبِّبُ ضَرَرَاً بيئيّا.

٢. زِيادة خيارات **إعادة التدوير**[٧].

أمّا Hoyle فيرى أنَّ المُنْتَج (أو الخِدمة) إذا كانَ غَيْر مَوثوقاً به، فَمِنَ الواضِحِ أَنَّهُ غَيْرُ صالِحٍ للاستعمالِ وَذِي جَوْدَةٍ رَدِيئة، وإذا كان المُنْتَج موثوقاً بِهِ وَلكنَّه يبعث أبخرة ثقيلة جداً أو سامّة، فهو ذا جودة رَديئة أيضا، كذلك إذا كان المُنْتَج غير آمن، فهو ذا جودة رَديئة على الرغمِ مِنْ أنَّه قد يُلبي المواصفات المرغوبة بطرائِق أُخرى، وفي هكذا حالة فإنَّ المواصفات لَيْسَت انعِكاساً حقيقيّاً لاحتياجاتِ الزَّبونِ ورغباته، إذْ أَنَّهُ قد تُلبي المصانع النوويّة جميع متطلبات السَّلامة المحددة، ولكن إذا طالَبَ المجتمع بمعاييرِ أمانٍ أكبر فإنَّ تلك المصانع لا تُلَّبِي متطلَّبات المجتمع، على الرغمِ من أنَّها تلبي متطلَّبات الزبون المباشرة؛ لذا ينبغي تحديد الأطراف المعنيّة لتحديدِ الخصائص التي ينبغي أَنْ يتصف بها المُنْتَج (أو الخِدمة)، وينبغي تلبية احتياجات كل هذهِ الأطراف؛ مِنْ أجلِ تحقيقِ الجودة (Hoyle, 2005: 16). والشكل (٢) الآتي يبين خصائِص جَوْدَة المُنْتَج.

من الشكل (٢) السابِق، يتبّين أَنَّ **استدامة المُنْتَج** تظهر في تكاليف كُلٍّ مِنَ الأمانِ وَالسَّلامة، إذْ أَنَّ أمان وسلامة المُنْتَجات يتضمّن مراعاة الجوانب البيئيّة والصحيّة وغيرها، وعليه يتضح أَنَّ خصائص جودة المُنْتَج تأخذ في الحسبان بعض جوانب الاستدامة.

في حين يرى (Dyllick & Rost, 2017: 1) أَنَّ **استِدامَة المُنْتَج (Product Sustainability)** تَبْحَثُ عَنْ كيفيّةِ تَوفِيرِ مُنْتَجاتٍ ذات مزايا اقتصاديّة وبيئيّة واجتماعيّة للوحداتِ الاقتصاديّةِ والمجتمعِ فِي الوَقْتِ نَفْسه، أو بعبارةٍ أُخرى، تهدف **استدامة المُنْتَج** إلى إيجادِ قِيَمٍ مُتعددةٍ ومُشتركةٍ لمختلفِ أصحابِ المصلحة[٨]. وَيُبَيِّن (Johansson, 2007: 7) أَنَّ في بيئةِ السوقِ اليوم، تتعرَّض الوحدات الاقتصاديّة لمُنافسةٍ شرسة، فمن أجل البقاء، ينبغي على جميع تلك

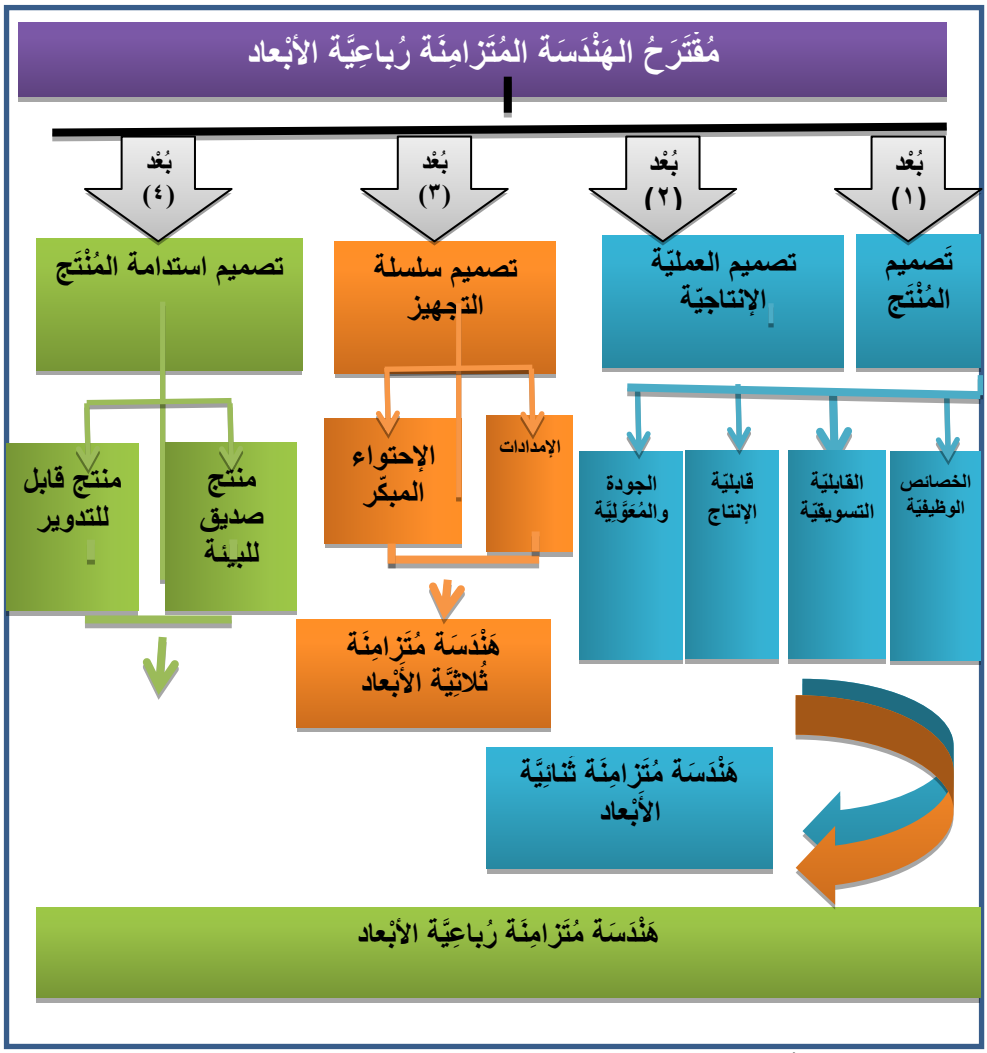
الوحدات الاقتصاديّة أَنْ تستجيب لتوقعات أصحاب المصلحة، وَأَنْ تعمل بطريقةٍ مستدامةٍ لا تُعَرِّضُ المُجتمع لِلخَطَر.

كما أوضح (Schmidt et al., 2004: 3) أَنَّ أغلب المديرين الألمان يعتقدون أَنَّ سلامة الإدارة بيئيّاً واجتماعياً ستصبح قضيّة مهمة وبشكلٍ متزايدٍ لنجاحِ الوحدات الاقتصاديّة، فالاستبيان الذي أجراه "Oekoradar[٩]" و "Ifo[١٠]" حول إدارة الاستدامة في ألمانيا، والذي تَمَّ فيه استجواب (٥٧٨٨) وحدة اقتصاديّة، أظهر أَنَّ (٥٨%) من المديرين يعتقدون أَنَّ المسؤوليّة البيئيّة والاجتماعيّة ستزداد في المستقبل.

كما يُلاحظ من خلال تسليط الضوء على أبعادِ الهندسة المتزامنة الأربعة وما ذكره الكتّاب والباحثين في هذا الشأن، أَنَّ هُناك الكثير من الوحدات الاقتصاديّة التي استعملت تقنيّة الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد ونجحت بذلك، إلّا أَنَّهُ نجاحاً ليس كما ينبغي للبقاء في دُنيا الأعمال، أي أَنَّهُ نجاحاً نسبيّا، وهو ما جعل الدراسة الحاليّة تبحث عن نجاحاً أكثر ضماناً للاستمرار في بيئةِ السوق التنافسيّة، إذْ كان نتاج الدِّراسة الحاليّة في أَنْ تقترح إضافة بُعْدَاً رابعاً للهندسةِ المتزامنة تمثل بـ (بُعْد تصميم استدامة المنتج)، وما له من مردود إيجابي للوحدات الاقتصاديّة الصناعيّة من خلال مساعدتها على تحقيق المزايا التنافسيّة، شأنه في ذلك شأن أبعاد الهندسة المتزامنة الثلاثة السابقة، إذْ سيتم في الفقرة القادمة من هذا المبحث مناقشة العلاقة بين أبعاد الهندسة المتزامنة الأربعة والمزايا التنافسية المتحققة للوحدة الاقتصاديّة، والشكل (٣) الآتي يوضح "مُقترح الهندسة المُتزامنة رباعيّة الأبعاد Concurrent Four Dimensional Engineering Suggestion"(CFDES).

الشكل (٣)

مُقْتَرَحُ الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة رُباعِيَّة الأَبْعاد



المصدر: الشكل مِنْ إعدادِ الباحثين.

مِمّا تَقَدَّم، يَرَى الباحِثان أَنَّ اقتِراح إضافَة البُعْد الرابِع (بُعْد تَصْمِيم استِدامَة المُنْتَج) إلى أَبْعادِ الهَنْدَسَةِ المُتزامِنَة، لِتَصْبَح هندسة متزامنة رُباعِيَّةِ الأبْعاد (4D-CE)، هُوَ الأفْضَل؛ كَونِهِ يُمَثِّلُ المَرْحَلَة الأَكْثَر تَطَوُّراً وَتَوَسُعاً لِأَبْعادِ الهَنْدَسَةِ المُتزامِنَةِ فِي الوَقْتِ الحاضِر، وأَنَّ هذهِ الأَبْعاد هِيَ الأَكْثَر شيوعاً واتِفاقاً مِنْ قِبَلِ الكُتّابِ وَالباحِثِين، فَضْلاً عَنْ مُلاءَمَتِها مَعَ تَوَجُّهاتِ الدِراسَةِ الحالِيَّة؛ وعليه، سَيَتِمُّ توضيح العلاقة بين الهَنْدَسَة المُتَزامِنَة رُباعِيَّة الأَبْعاد والمزايا التنافسيّة في المبحث القادم.

المبحث الرابع: العلاقة بين الهندسة المتزامنة رباعيّة الأبعاد وتحقيق المزايا التنافسيّة

من أجلِ استكمالِ متطلّبات هذهِ الدراسة سيتم في هذا المبحث مناقشة العلاقة بين أبعاد الهندسة المتزامنة الرُّباعِيَّة والمزايا التنافسيّة المتحقّقة للوحدات الاقتصاديّة، إذْ تبرز الحاجة إلى التفكير بتصميم المُنْتَج، والعمليّة الإنتاجيّة، وسلسلة التجهيز، فضلاً عن تصميم استدامة المُنْتَج؛ بغية تحقيق رضا الزبائن وتلبية حاجاتهم وتوقعاتهم، ومن ثُمَّ تحقيق المزايا التنافسيّة Competitive (CA Advantages)) للوحدة الاقتصاديّة في بيئةِ عملٍ تشهدُ التحولات السريعة والتغيُّرات الكبيرة في مُختلف المجالات الاقتصاديّة، والبيئيّة، والاجتماعيّة، والتكنولوجيّة، والثقافيّة.

إذْ أَكَّدَ (Kumar & Suresh, 2009: 23) أَنَّ تصميم المُنْتَج يُعنى بتحويل الأفكار إلى حقيقة، فكل وحدة اقتصاديّة ينبغي أَنْ تُصَمِّمْ وَتُطَوِّرْ وَتُدْخِلْ مُنْتَجات جديدة كاستراتيجية للبقاء والنمو، إذ يتطلّب تصميم المُنْتَج تصميم مكوّنات ذلك المُنْتَج ووظائفه ومميّزاته ومواصفاته، مع الأخذِ في الحُسبانِ مُلاءَمتهِ لحاجات الزبائن ورغباتهم بالشكل الذي يجعله ملائِماً لاستعمالهم من ناحية أدائِه الوظيفي الجيِّد، وجودتهِ العالية. ما يُلاحَظُ في كلام (Kumar & Suresh) هو ضرورة تصميم المنتج على وفق حاجات الزَّبائن وَرَغباتهم؛ لأَنَّ رضا الزَّبون هو الغاية الكبرى التي تسعى الوحدة الاقتصاديّة لتحقيقها، والتي بدورها تحقق المزايا التنافسيّة لتلك الوحدة الاقتصاديّة.

كما أَكَّدَ Feil et al).) على أَنَّ تحديد وظائف ومكوّنات المُنْتَج التي يرغبها الزَّبائن وتحديد المستوى المقبول من التكلفة والجودة يُعَدُّ استجابةً مؤكّدةً لحاجاتهم ورغباتهم ,.Feil et al))

.11 :2004في حين ذكر (Ishioka & Yasuda, 2009: 1700) أَنَّ أداء المُنْتَج، ووظيفته، وسلامته بيئياً هي عوامل مهمة جداً في الأسواقِ الجديدة.

هذا وأشار بعض الباحثين إلى أنّ عمليّة التصميم تكتسب أهميّتها من خلال ما يـأتي (Moges, 2007: 40)؛ (Atem, 2007: 18)؛ (Hari et al., 2008: 1-2)؛ (Belay, 2009: 1-2)؛ (Arabiyyat, 2016: 39):

١. إمكانيّة تحديد نسبة (٧٠- ٨٠%) من تكاليف المُنْتَج خلال المراحل الأولى لتصميمه.

٢. إمكانيّة تحديد التكلفة المستهدفة (Target Cost)[١١] ومقارنتها مع التكلفة المقدّرة (Estimated Cost)[١٢]؛ لأجل قبول التصميم المُقترح أو رفضه.

٣. تحسين مستوى جودة المُنْتَج والعمليّة الإنتاجيّة، وذلك من خلال عمل الشيء صحيحا (منذ المرّة الأولى).

٤. إمكانيّة إيجاد حلول مُناسبة؛ للتوصّل إلى تخفيض حقيقي في تكاليف المُنْتَج والعمليّة الإنتاجيّة.

٥. إمكانيّة ترجمة حاجات الزبائن ورغباتهم إلى وظائف ومواصفات مرغوب فيها.

٦. إمكانيّة تحديد مواصفات المُنْتَج وخصائصه اعتماداً على القدرات والموارد المتوفرة للوحدة الاقتصاديّة، مع الأخذِ في الحُسبان انسجامها مع حاجات الزبون من ناحية الأداء الوظيفي الجيِّد والتكلفة المنخفضة والجودة العالية.

٧. إمكانيّة وضع الأنموذج الأَوَّلي للتصميم، مع إجراء التعديلات الآنيّة عليه؛ لأجل الوصول إلى التصميم الأمثل الذي يمكن من خلاله إنتاج مُنْتَجات ذات قيمة عالية تنسجم مع توقّعات الزبون.

كما أكَّد (Gutierrez et al., 2015: 7) على ما ورد أعلاه، أَنَّ التخفيضات الحقيقية للتكاليف خلال مرحلة التصميم تُعَدُّ عنصراً مؤثّراً في تحقيق المزايا التنافسية في ظل بيئة الأعمال التنافسيّة، إذْ تُعَدْ مرحلة التصميم أداة مساعدة لتحقيق أبعاد المزايا التنافسية الأخرى المتمثّلة بالوَقت، وَالجَودَة، وَالمُرونة .

في حين أشار (Rush & Roy) إلى أَنَّ الهندسة المُتزامنة اكتسبتْ أهميتها من ملاءَمتها لمُتطلّبات بيئة العمل التنافسيّة بِعَدِّها أداة لـ (تحقيق المزايا التنافسية)، وذلك من خلال تركيزها على الزَّبائن، وأخذها في الحسبان كل حاجاتهم ورغباتهم في المرحلة الأولى لتصميم المُنْتَج، فضلاً عن امتلاكها كل مقوّمات النجاح الأساس، للقيام بعمليات التصميم بمشاركة فريق العمل المُتَعَدِّد الوظائف، وباستعمال الوسائل التكنولوجية؛ للتغلّب على مشكلات التصميم التي يعاني مِنْها كل من المُنْتَج والعمليّة الإنتاجيّة.(Rush & Roy, 2000: 2)

كما يرى (Kim et al., 2014: 44-45) أَنَّ الاستدامة في مجال تصميم المُنْتَجات، وإدارة تلك المُنْتَجات في نهاية عمرها، يمكن أن تحوِّلها من منتجات مُستهلكة لا فائدة منها إلى مُنْتَجات جديدة صالحة للاستعمال، إذْ يُمكن لمرحلة "إعادة التصميم" أَنْ تُحَقِّق مزايا تنافسيّة بيئيّة واجتماعيّة في وقت مبكر من تصميم المُنْتَج، إذْ تُحَقِّق الاستدامة البيئيّة رفاهية الإنسان، عن طريق توفير الموارد الطبيعيّة المحدودة، ومنع الكوارث الطبيعيّة، فضلاً عن الحد من تأثيرات الانبعاثات الغازيّة، وتلوث الهواء والمياه، وجعل الطبيعة أكثر نظافة. والشكل (٤) الآتي يوضح المزايا التنافسيّة الإضافيّة التي يحققها بُعْد تصميم استدامة المُنْتَج فيما لو تَمَّ استعمال الهندسة المُتزامنة رُباعِيَّة الأبعاد.

الشكل (٤)

المزايا التنافسيّة الإضافيّة التي يحققها بُعْد تصميم استدامة المُنْتَج

يتَّضح من الشكل (٤) السابق، أنَّ المزايا التنافسيّة تُحَقَّق في كلا المرحلتين (مرحلة الهندسة المتزامنة ثُلاثيّة الأبعاد، ومرحلة الهندسة المتزامنة رُباعيّة الأبعاد)، إذْ تحقق الوحدات الاقتصاديّة التي تستعمل الهندسة المتزامنة مجموعة من المزايا التنافسيّة، لكن ما يمكن ملاحظته هو اتساع قاعدة المزايا التنافسيّة المتحققة للوحدة الاقتصاديّة من جرّاء استعمالها لهندسةٍ متزامنةٍ رُباعيّةِ الأبعاد، فالبُعْدِ الرابع والمتمثل بـ (بُعْد تصميم استدامة المنتج) **يُشارِك** وبشكلٍ كبيرٍ بتحقيق مزايا تنافسيّة إضافيّة لتلك الوحدة الاقتصاديّة، فالبيئة النظيفة لا يمكن أن تتحقّق دون إنتاج مُنْتَجات صديقة للبيئة، فضلاً عن مساهمة هذا البُعْد في المحافظة على الطاقات والموارد الطبيعيّة المحدودة، وإمكانيّة الإفادة من المُنْتَجات القديمة بتحويلها إلى مُنْتَجات جديدة صالحة للاستعمال وهو ما يُسمّى بـ (عمليّة إعادة التدوير).

كما ذكر (Raj & Seetharaman, 2013: 119) أَنَّ الوحدات الاقتصاديّة الصناعيَّة تولِّد النفايات في كل يوم، لكن لا تُديرها بشكلٍ صحيح، إذْ تُعَدْ إدارتها مسألة مهمة جداً للغاية؛ لتحقيقِ الأرباحِ للوحدةِ الاقتصادِيّةِ الصناعيَّة، ويرجع ذلك إلى أَنَّهُ لو تمكّنت الوحدة الاقتصاديّة من إدارة نفاياتها بشكل صحيح، فإنَّ تقليل نسبة التلف يمكن أن يساعدها على تخفيض التكاليف، إذْ أَنَّه من أجل تعظيم الأرباح يمكن للوحدة الاقتصاديّة الصناعيَّة زيادة إيراداتها، أو تخفيض تكاليفها (أو

زيادة إيراداتها وتخفيض تكاليفها بنفس الوقت)، فالنفايات هي أحد مكونات التكاليف التي ينبغي إدارتها لتخفيض التكاليف الإجماليّة وزيادة الأرباح، وهو بدوره يساعد الوحدات الاقتصاديّة الصناعيَّة على تحيق المزايا التنافسية، إذَنْ، مسألة إدارة النفايات مسألة استراتيجية مهمة في الوحدة الاقتصاديّة الصناعيَّة.

كما تؤدي عملية إعادة تدوير النفايات دوراً اجتماعياً مهما، من خلال تخفيضها لنسبة البطالة بين صفوف الشباب الراغبين في العمل، عن طريق توفير فرص عمل جديدة لجمع وفرز النفايات الصلبة، وتحويلها إلى المعامل الخاصّة بعمليات إعادة التدوير، فضلاً عن مساعدتها على تغيير سلوك أفراد المجتمع، وزيادة وعيهم تجاه المخاطر التي تسببها النفايات، إذ يمكن توجيه الفرد إلى تطبيق فكرة فرز النفايات في المصدر، ليتم إعادة تدويرها من جديد (mawdoo3.com).

مِمّا سَبَق، يُمْكِنُ أَنْ يُسْتَنْتَج أَنَّ أَبْعاد تقنيّة الهندسة المتزامنة الأربعة لها علاقة وثيقة بتحقيق المزايا التنافسيّة للوحدة الاقتصاديّة الصناعيّة التي تستعمل هذه التقنيّة، إذ تقترح الدراسة الحاليّة استعمال تلك الأبعاد الأربعة مجتمعة في الوحدات الاقتصاديّة الصناعِيّة العراقية؛ لضمان البقاء والاستمرار في بيئة العمل التنافسيّة، من خلال تحقيق أعلى مستوى من التميز.

المبحث الخامس: الاستنتاجات والتوصيات

أولاً: الاستنتاجات

يَتَناوَلُ هذا المَبْحَث أهم الاستِنْتاجات التي توصَّل إليها الباحثان ذات الصِّلة بِمَوضوعِ البحث، وَكَالآتي:

١. تُعَدُّ الدراسة الحاليّة المرحلة الأكثر توسُعاً لأبعادِ الهندسةِ المُتزامنة، إذ أصبحت ذا أربعة أبعاد، وذلك بَعْدَ اقتراح إضافة **(البُعْد الرابع)** لَها، وَالمُتَمَثِّل بـ **(بُعْد تصميم استدامة المُنْتَج Dimension Designing the Sustainability of the Product)**، إذْ يؤدي موضوع الاستدامة دوراً كبيراً في الكثير من التقنيات الإداريّة بشكلٍ عام، وتقنيّة الهندسة المتزامنة بشكلٍ خاص، إذْ أنَّ جودة المنتجات وحدها في ظل بيئة تنافسيّة شرسة لا تكفي لسد حاجات ورغبات الزبائن ومتطلباتهم المستمرة والمتنوعة.

٢. هناك الكثير من الوحدات الاقتصاديّة التي استعملت تقنيّة الهندسة المتزامنة ثلاثية الأبعاد ونجحت بذلك، إلّا أَنَّهُ نجاحاً ليس كما ينبغي للبقاء في دُنيا الأعمال، أي أَنَّهُ نجاحاً نسبيّا، وهو ما جعل الدراسة الحاليّة تبحث عن نجاحاً أكثر ضماناً للاستمرار في بيئةِ السوقِ التنافسيّة، وعليه، اتسعت قاعدة المزايا التنافسيّة المتحققة للوحدة الاقتصاديّة من جرّاء استعمالها لهندسةٍ متزامنةٍ

رُباعيّةِ الأبعاد، فالبُعْدِ الرابع والمتمثل بـ **(بُعْد تصميم استدامة المنتج)** يُشارِك وبشكلٍ كبيرٍ بتحقيق مزايا تنافسيّة إضافيّة، فالبيئة النظيفة لا يمكن أن تتحقّق دون إنتاج مُنْتَجات صديقة للبيئة، فضلاً عن مساهمة هذا البُعْد في المحافظة على الموارد الطبيعيّة المحدودة، وإمكانيّة الإفادة مِنَ المُنْتَجاتِ القديمة بتحويلها إلى مُنتُجَاتٍ جديدةٍ صالحةٍ للاستعمال وهو ما يُسمّى بـ (عمليّة إعادة التدوير).

٣. هناك علاقة وثيقة بين أَبْعاد تقنيّة الهندسة المتزامنة الأربعة وتحقيق المزايا التنافسية للوحدة الاقتصاديّة الصناعيّة التي تستعمل هذه التقنيّة، إذ اقترحت الدراسة الحاليّة استعمال تلك الأبعاد الأربعة مجتمعة في الوحدات الاقتصاديّة الصناعِيّة العراقية؛ لضمان البقاء والاستمرار فِي بيئةِ العملِ التنافسيّة، من خلال تحقيق أعلى مستوى من التميز.

ثانياً: التوصيات

بِناءً عَلَى الاستِنْتاجات التي تَمَّ عَرضُها فِي أعلاه، يَضَعُ الباحِثان جُمْلَةً مِنَ التَّوصِياتِ التي يَراها جَدِيرَةً بِالاهتمام، وَكَالأتي:

١. زيادة الجهود الأكاديميّة المبذولة في موضوع الاستدامة، لاسيَّما التركيز على تقنيّةِ الهندسةِ المتزامنةِ رُباعيَّةِ الأبعادِ أثناء تناول ذلك الموضوع.

٢. اعتماد الإطار النظري في هذا البحث من قبل الوحدات الاقتصاديّة الصناعيّة.

الهوامش:

[1] بحث مستل من رسالة الماجستير للباحث.

٢ يرى (Johansson, 2010: 2) أَنَّ الوحدات الاقتصاديّة التي لا تأخذ في الحُسبان **سلسلة التجهيز** كنشاطٍ متزامنٍ مع تصميمِ المُنْتَجِ والعَمليّةِ الإنتاجيّةِ فإنَّها عادةً ما تواجه مشكلات خلال المراحِل المبكّرة مِنَ عمليّة التصميم، أو عند الشروع بإنتاجِ مُنْتَجٍ مُعَيَّن، أو فِي الدعمِ اللوجستي، أو الجودة والتكلفة، أو الرقابة؛ لِذا فإنَّهُ لابُدَّ مِنَ الأخذِ فِي الحُسبانِ **تَصميمِ سِلسِلةِ التَّجهيزِ** فِي مرحلةٍ مُبَكِّرَةٍ مِنْ عمليّةِ التصميم.

٣ ذلك في كتابه " **CLOCKSPEED-BASED STRATEGIES FOR SUPPLY CHAIN DESIGN 1**".

٤ جوانب الاستدامة هي (الاقتصاديّة، والبيئيّة، والاجتماعيّة).

٥ كَما سَيَأتِي ذلك بتَفْصِيلٍ أكثر فِي الفَقَراتِ القادِمَةِ مِنْ هذا المَبْحَث.

٦ عَرَّفَتْ جمعية إدارة وتطوير المُنْتَجات (PDMA) في إيطاليا **عَمَلِيَّة تَطوير المُنْتَج** أَنَّها: مَجْمُوعَةً مِنَ المَهامِ وَالخُطُواتِ المُحَدَّدَةِ وَالمُتْقَنَةِ التي تَصِفُ الوَسِيْلَة العادِيَّة التي تُحَوِّل بِها الوحدة الاقتصاديّة بِشَكْلٍ مُتَكَرِّرٍ أفكارَها الأَوَّلِيَّة إلى مُنْتَجاتٍ أو خَدَماتٍ قابِلَةٍ لِلْبَيْع (Albizzati, 2012: 12).

٧ من تلك الخيارات: فصل النفايات عند مصدرها، أوفي محطات خاصّة، أو بموقع إعادة التدوير (www.albrari.com).

٨ **أصحاب المصلحة:** هم الزَّبائِن، والإدارة، والمستثمرون، والمُجهِّزون، وغيرهم (Johansson, 2007: 1).

٩ معهد علم البيئة التطبيقي في ألمانيا.

١٠ معهد البحوث الاقتصاديّة في جامعة ميونيخ – ألمانيا.

١١ **التكلفة المستهدفة Target Cost:** هي سعر البيع المتوقع للمنتج، مطروحًا منه الربح المطلوب من بيعه، أي هي في الواقع معيار لكيفيّةِ الحاجةِ إلى انخفاض التكاليف لتحقيقِ ربحٍ معين (www.myaccountingcourse.com).

١٢ **التكلفة المقدرة Estimated Cost:** هي التكلفة التي لا يمكن تحديدها بدقة، إذ تعتمد على الحكم والفهم التأريخي والخبرة (www.myaccountingcourse.com).