الهندسة العكسية ودورها في نقل التكنولوجيا، مع الإشارة إلى بعض التجارب الدولية.

Reverse Engineering and Its Role in Technological transfer, With a Look at Some International Experiences.

خليلي أحمد*[1]

[1] جامعة المسيلة، الجزائر، ahmed.khalili@univ-msila.dz

تاريخ الاستلام: 2022/11/25 تاريخ القبول: 2022/12/27 تاريخ النشر: 2022/12/31

ملخص:

تعتبر الهندسة العكسية أداة فعالة في نقل التكنولوجيا ومن ثمة تقليص الفجوة التكنولوجية الحاصلة بين الدول المتقدمة والدول النامية، تعتمد على فهم مبدأ عمل المنتجات الجديدة أو المنافسة من خلال التفكيك والتحليل للمنتجات المادية والبرامج، ومن ثمة الاعتماد عليها في التعلم أو الانتاج الجديد، وهي أداة قديمة ولا زالت تستعمل اليوم، ومن مزاياها اختصار التكلفة والوقت والانطلاق من نقطة الوسط بدل الصفر، اعتمدت عليها كبريات الشركات وأهمها شركة تويوتا متصدرة العالم من حيث حجم المبيعات في مجال السيارات رغم العوائق القانونية والتقنية.

كلمات مفتاحية: الهندسة العكسية، نقل تكنولوجيا، آلات ومعدات، برامج.

تصنيفات JEL : O31,L24,L 11,C8

Abstract:

Reverse engineering is an effective way in Technology transfer and reducing technology gap between developed and developing countries. It depends on understanding the principle of new products through disassembly and analysis of physical products and programs, and then relying on them in learning or in a new production process. It is an old tool which is still used today. And among its advantages is reducing cost, time, and starting from the middle point instead of zero. Major companies relied on it, the most important of which is Toyota, the world leader in terms of sales volume in the field of cars, despite the legal and technical obstacles.

Keywords: Reverse Engineering; Technology transfer; Hard Ware; Soft Ware**.**
Jel Classification Codes : O31, L24, L 11, C8

*المؤلف المرسل

1- مقدمة:

تسعى الدول النامية اليوم إلى تخفيض فواتير الاستيراد من خلال تنويع إنتاجها ومن ثمة تنويع صادراتها والبعد عن الاقتصاد الريعي الضعيف، غير أن أغلب هذه الدول عانت من التجارب الفاشلة في هذا الاتجاه، فأول ما تصطدم به هو قوة المنافسة العالمية من دول تطورت بفضل خيرات الدول النامية ومواردها الخام وأحيانا بسواعدها وأدمغتها المهاجرة، لأن الاقتصاد العالمي اليوم مبني على الفكرة والتقنية العالية والتي للدول المتقدمة فيها تجربة طويلة قد تكون أطول من عمر استقلال بعض الدول السائرة في طريق النمو.

إن هذا الفارق بين المجموعتين يسمى بفجوة التكنولوجيا(Technology Gap)يدرك الجميع صعوبة تقليصه بنفس المسار الذي بدأته الدول المتطورة عن طريق الابتكار الجذري، وعليه كان لزاما على الدول النامية إيجاد طريقة مختصرة لنقل التكنولوجيا.

تعتبر الهندسة العكسية طريقة قديمة متجددة تتبعها الشركات العملاقة قبل الصغيرة منها، وتدعمها الدول ولو بشكل سري لاقتناص فرص الاقلاع التكنولوجي، بدل انتظار الابتكارات الجذرية المكلفة والبعيدة المنال.

ما من شك أن هناك صعوبات واجهتها الشركات المهندسة عكسيا إلا أن مواصلة الطريقة تكسبها تجربة مهمة من أجل الإقلاع، ويأتي بحثنا هذا من أجل التنويه إلى ماهية وأهمية العكسية ومدى مشروعيتها ودورها في نقل التكنولوجيا.

من خلال ما سبق نطرح الاشكالية العامة التالية:

ما المقصود بالهندسة العكسية وما دورها في نقل التكنولوجيا وتقليص الفجوة؟

ومن أجل الإجابة على هذه الإشكالية وجب منهجيا الإجابة على أسئلة ضمنية نطرحها كالتالي:

- ما تعريف الهندسة العكسية؟
- ما الفرق بين الهندسة العكسية والهندسة الأمامية؟
- ما الفرق بين الهندسة العكسية وكل من التقليد والابتكار؟
- ما مدى مشروعية الهندسة العكسية وما مدى احترامها عمليا؟
- هل اعتمدت الدول المتقدمة على الهندسة العكسية في كسب التكنولوجيا؟

1.1. أهمية البحث:

على الرغم من أهمية الهندسة العكسية في نقل التكنولوجيا بين الشركات والدول إلا أن الأبحاث وخاصة العربية منها في هذا المجال ضئيلة، وإن وجدت فهي لا تعكس أهمية الموضوع الذي تعالجه، ومن هنا تتجلى أهمية البحث في الكشف عن دورها في كسب التكنولوجيا وكطريقة للاستدراك التكنولوجي للدول النامية.

2.1. أسباب اختيار الموضوع:

عانت الدول المتقدمة كثيرا من فواتير استيراد المنتجات المادية منها وغير المادية وآخرها أزمة سوق السيارات ومحاولات الجزائر المتكررة نحو كسب تكنولوجيا هذه الصناعة، ما يطرح التساؤل عن الطريقة المثلى لتحقيق هذا الغرض وبأقل التكاليف والوقت، ما جعل الباحث يطرح فكرة الهندسة العكسية على شكل مقال.

3.1. منهجية البحث:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لجمع المادة العلمية وبالاعتماد على المسح المكتبي للتعرف على متغيرات الدراسة والربط بينها سواء لغرض عرض المعلومات التاريخية أو لغرض المقارنة ومن ثمة الاستنباط كمنهج إضافي.

4.1. الدراسات السابقة:

لدراستنا هذه عدد لا بأس به من الدراسات السابقة غير أن أغلبها كانت باللغات غير العربية، ما يؤكد فقر المكتبة العربية من هذا العنوان، وفي ذكر الدراسات السابقة نكتفي بذكر دراستين فقط باعتبارهما الأقرب إلى بحثنا وهما:

دراسة **Ghasem Amini** (Amini, 2017, p. 76): في مارس 2017 بعنوان (Process of Technology Transfer and Reverse Engineering) وفيها كانت إشكالية الباحث حول كيفية تقليل الفجوة في سوق البلدان النامية مع البلدان المتقدمة على المدى القصير، وكيفية امتلاك حصة جيدة في التجارة الدولية، وكانت الغاية من البحث هي التنويه الى الهندسة العكسية كآلية لنقل التكنولوجيا في أقرب الآجال وقد توصل الباحث إلى أن الهندسة العكسية ليست طريقة فحسب لنقل التكنولوجيا وإنما هي استراتيجية دولة يمكن تعميمها على الشركات تماما كما تفعل إيران مع إنتاجها الحربي والعسكري، غير أننا نعيب على الباحث عدم التطرق إلى المسؤولية القانونية التي تترتب على ممارسة الهندسة العكسية وفرض الدول لرقابة على منتجاتها ومتابعتها.

دراسة **Morteza Raei Dehaghi** و**Masoud Goodarzi** (Goodarzi, 2011, p. 347): في 5 ديسمبر 2011 بعنوان (Reverse Engineering: A Way of Technology Transfer in Developing Countries like Iran) وكانت إشكالية الدراسة هي كيف يمكن لإيران أن تقلل من المسافة التكنولوجية بينها وبين الدول المتقدمة في أقصر وقت ويكون لها نصيب مناسب في الأعمال التجارية العالمية؟

أما هدف الدراسة فكان شرح الخطوات اللازمة لإدارة الاستراتيجيات المختلفة لنقل التقنيات، ودور البحث والتطوير في تحقيقها، وكذلك كيفية اختيار استراتيجيات الهندسة العكسية المناسبة كوسيلة مناسبة لنقل التكنولوجيا.

توصل الباحثان إلى أن دول مثل إيران التي لم تحصل على التكنولوجيا بمرور الوقت، ولكنها حاولت تضمينها في وقت معين، وأن أحد أفضل الطرق لتحقيق نقل التكنولوجيا هو التطبيق المكثف لطريقة الهندسة العكسية لتحديد كيف يعمل المنتج، وكيف تم صنعه، ثم تطويره فيما يتعلق باحتياجاته الخاصة، كما توصلا إلى أنه يمكن أن يكون للإشراف على التنفيذ الجيد لعملية الهندسة العكسية والمنهجية وتطبيق الأدوات والتقنيات الهندسية في هذه العملية تأثير مناسب على الوصول إلى المعرفة التقنية للمنتجات في أقصر وقت ممكن وبأقل تكلفة.

2. الإطار النظري للهندسة العكسية

1.2. تعريف الهندسة العكسية:

تسمى الهندسة العكسية أو reverse engineering كما يطلق عليها الهندسة الخلفية أو back engineering (wikipedia, 2022)

تعددت تعاريف الهندسة العكسية بين المنظرين فمنهم من يرى أنها: "عملية إنشاء مجموعة من التصاميم لجهاز أو لقطعة من الأجهزة بواسطة طرف آخر غير المصمم الأصلي، تعتمد بشكل أساسي على تحليل وتحديد أبعاد عينة أو مجموعة من العينات من القطعة أو الجهاز الاول." (Hauke, 1999, p. 7).

كما تعرف الهندسة العكسية بأنها: "عملية اكتشاف المبادئ التكنولوجية لجهاز أو نظام من خلال تحليل هيكله، ووظيفته، وطريقة تشغيله، وغالبًا ما ينطوي ذلك على تحليل طريقة عمله ومن ثمة استخراج التفاصيل الكاملة لاستخدامها في الصيانة، أو لمحاولة عمل جهاز أو برنامج جديد يقوم بنفس الدور أو بطريقة أكفأ" (Sunday, 2018, p. 468).

وهي "عملية أو طريقة يحاول من خلالها المرء أن يفهم من خلال التفكير الاستنتاجي كيف ينجز جهازا أو عملية أو نظام أو جزء من البرنامج المصنوع مسبقًا مع التفكير بنظرة ثاقبة لمعرفة بالضبط كيف تم ذلك. إنها في الأساس عملية فتح أو تشريح نظام أو جهاز لمعرفة طريقة عمله، من أجل تكراره أو تحسينه. اعتمادًا على النظام قيد الدراسة والتقنيات المستخدمة". (wikipedia, 2022)

بينما يصف معهد مهندسي الكهرباء والالكترونيات (IEEE) الهندسة العكسية على النحو التالي: "تعني الهندسة العكسية استخدام تقنيات هندسية لاكتشاف الأفكار والمبادئ الأساسية التي تحكم كيفية صنع آلة أو برنامج كمبيوتر أو أي جهاز تكنولوجي آخر متطور نسبيا". (mauel, 2014, p. 6)

تتضمن الهندسة العكسية بشكل عام استخراج التصاميم وبناء أو تجميع النماذج الجديدة من خلال منتج أو برنامج موجود. يمكن تطبيق الهندسة العكسية بدءا من أي مستوى من تركيب أو تطور المنتج وبالتالي في أي مرحلة من مراحل دورة حياته.

الهندسة العكسية في حد ذاتها لا تتضمن تغيير هدف النظام وإنما إنشاء نظام جديد يعتمد على تطوير المنتج المبتكر وفقا لهندسة أمامية، وهي عملية الفحص وليست عملية التغيير أو النسخ المتماثل أو التقليد.

في امتداد مراحل دورة الحياة، تغطي الهندسة العكسية مجموعة واسعة من المنتجات الحالية، وهي خلاصة إعادة تصميم، وفك رموز المنتجات في الواقع التي ينفذها موضوع النظام. (Elliot. Chikofsky, 1990, p. 15)

2.2. أنواع الهندسة العكسية:

أ- الهندسة العكسية على البرمجيات:

طبيعة الهندسة العكسية للبرمجيات:

قد تستفيد الأنظمة القديمة من الهندسة العكسية عندما تُفقد المعرفة الأصلية لكيفية معالجة تحدٍ معين لشركة ما. يمكن أن تساعد الهندسة العكسية أيضًا في ترحيل الأنظمة القديمة إلى منصات جديدة. (Wiora, 2016) وتتميز الهندسة العكسية في مجال البرمجيات بالغزارة وذلك لسهولتها وقصر المدة التي يستغرقها المهندس العكسي في تطوير البرامج الأصلية ما يخلق قدرة تنافسية كبيرة بين الهندسة الأمامية والهندسة العكسية (Kåresen, 2019, p. 19).

كما ان الهندسة العكسية تستخدم لتطوير البرامج فإنها أيضا قد تستخدم لتدميرها وذلك من خلال البرامج الضارة كالفيروسات الالكترونية وبرامج القرصنة وغيرها. (mauel, 2014, p. 7)

وفي ذات السياق نذكر أن البرمجيات هي واحدة من الصناعات القليلة التي تعتبر فيها الولايات المتحدة العملاق الدولي، الذي يمثل ثمانية وسبعين في المائة من المبيعات العالمية (Titus, 1994, p. 491)

أما عن أسباب الهندسة العكسية في هذا المجال فإنها تتباين بين من يريد إنشاء برنامج منافس، أو إنشاء برنامج قابلة للتشغيل البيني ومتوافقة مع البرامج التي تم تحليلها وحتى لإجراء التحليل لأغراض البحث وأخيرا لإجراء مراجعة أمنية ما. (Kåresen, 2019, p. 22).

مراحل الهندسة العكسية على البرامج:

تمر الهندسة العكسية في مجال البرامج (software) بخمسة مراحل أساسية هي: تحديد البرنامج الأصلي المراد إعادة هندسته ويشترط أن يكون ذا منفعة وقيمة إضافية إذ لا طائل من إعادة هندسة البرامج التي ليس لها قيمة مضافة أو المشاعة بين الناس، ثم مرحلة المسح الثلاثي (3D scan) حيث يتم فيه تحليل البرنامج الاصلي بجميع مكوناته ومراحله، أما في المرحلة الرابعة فيتم معالجة البيانات المتحصل عليها في المرحلة السابقة، أما رابعا فيتم فيها هندسة البرنامج الجديد وفقا للدور الجديد والمعطيات الجديدة حيث يتم إقحام الأوامر التي غالبا ما تكون سببا لإعادة الهندسة، أما المرحلة الأخيرة فيتم فيها إعداد وإنهاء النموذج الأولي القابل للتعديل والتجريب (prototype). ويمكن تلخيص هذه المراحل في النموذج التالي:

الشكل رقم01 : مراحل الهندسة العكسية في مجال البرامج.

المصدر: من إعداد الباحث.

ب- الهندسة العكسية على الآلات:

طبيعة الهندسة العكسية على المعدات:

"عملية تعلم كيفية صنع المنتجات المادية والمعدات بعد تفكيكها وفحصها". وهي تشمل مجموعة متنوعة من الأساليب لإعادة إنتاج كائن مادي بمساعدة الرسومات أو التوثيق أو بيانات نموذج الكمبيوتر، وبالمعنى الواسع الهندسة العكسية هي كل ما يتطلبه الأمر -يدويًا أو تحت تحكم الكمبيوتر -لإعادة إنتاج شيء ما. (Raja, Reverse Engineering An Industrial Perspective, 2008, p. 8)

مراحل الهندسة العكسية للآلات:

تعتبر الهندسة العكسية (RE) الآن إحدى التقنيات التي توفر فوائد تجارية في تقصير دورة تطوير المنتج. فيوضح الشكل أدناه كيف تسمح الطاقة المتجددة بإمكانيات إغلاق الحلقة بين ما هو "مصمم" وما "صنع بالفعل". (Raja, Introduction to Reverse Engineering, 2007, p. 1)

الهندسة العكسية للمنتجات الفيزيائية والآلات هي عملية الحصول على نموذج CAD هندسي من القياسات التي تم الحصول عليها عن طريق تقنية المسح بالتماس أو عدم الاتصال وتمر هذه العملية بالمراحل المبينة في الشكل أدناه:

شكل رقم02: مراحل الهندسة العكسية للمنتجات المادية.

المصدر: Kumar A.; Jain, P. K. & Pathak, P. M, Reverse Engineering In Product Manufacturing: An Overview, Journal Of International Scientific Book, 2013, pp. 665-678.

3.2. الفرق بين الهندسة العكسية وبعض المصطلحات المحاكية:

لتوضيح معنى الهندسة العكسية ونظرا لتقارب هذا المصطلح مع كل من الهندسة العادية الأمامية والتقليد والابتكار نوجز الفرق بين كل منها فيما يلي:

الفرق بين الهندسة العكسية والهندسة الأمامية:

الهندسة عموما هي عملية تصميم المنتجات والأنظمة وتصنيعها وتجميعها وصيانتها. وهناك نوعان من الهندسة، الهندسة الأمامية والهندسة العكسية.

الهندسة الأمامية هي العملية التقليدية للانتقال عالية المستوى من اللاوجود المادي والتصاميم المنطقية والذهنية إلى التنفيذ المادي للأنظمة والأجهزة (Raja, Introduction to Reverse Engineering, 2007)، والهندسة إلى الأمام هي العملية التقليدية للانتقال من التصاميم عالية المستوى والمنطقية المستقلة عن المنتجات المادية الفيزيائية وهي تصاميم القابلة للتطبيق الفيزيائي. (Elliot. Chikofsky, 1990, p. 14)

بينما تمثل الهندسة العكسية (RE) عملية ايجاد نموذج جديد من برنامج أو آلة عن طريق تحليل وفهم نموذج موجود فعلا، فيتم مثلا بالنسبة للأجهزة مسحها عن طريق نموذج ثلاثي الأبعاد (CAD) ومن ثمة فهمه وتطويره تمهيدا للنموذج الجديد الذي غالبا ما يكون ذا أداء أعلى.

الفرق بين الهندسة العكسية والتقليد:

يعتقد الكثيرون أن الهندسة العكسية هي نفسها التقليد. بينما الحقيقة أن التقليد يعني تكرار نفس الخصائص والوظائف المدمجة في المنتج الأصلي وغالبا بأقل كفاءة وأقل احتراما لمعايير التصنيع، وغاية التقليد دوما هو المنافسة وتحقيق الربح، غير أن المنتج المصنَّع عن طريق الهندسة العكسية عادة ما يكون بنفس مستوى الجودة والتكنولوجيا المدمجة وفي كثير من الأحيان أفضل منه (Sunday, 2018, p. 469) ، ولا تستغني الهندسة العكسية على الابتكار والتطوير لانها بعد التحليل والفهم تسعى الى تصميم جديد بمستوى أعلى من التكنولوجيا.

الفرق بين الهندسة العكسية والابتكار:

اعتبر Schumpeter، الذي يمكن تسميته مؤسس نظرية الابتكار في الاقتصاد بشكل عام، أن الابتكار هو الأثر الاقتصادي الخلاق للتغير التكنولوجي، باعتباره استخدام مجموعات جديدة من القوى الإنتاجية الحالية لحل مشاكل الأعمال (Timur Kogabayev, 2017, p. 60)، وعلى ذلك يعتبر الابتكار عملا منتجا خلاقا للثروة غير المادية (الأفكار)

عموما هناك نظرتان متناقضتان لعلاقة الهندسة العكسية بالابتكار، فالفريق الأول يرى أن الهندسة العكسية ضد الابتكار بما أنها تطفل على المنتجات الأصلية وبالهندسة العكسية يقل الحافز إلى الابتكار لأن قيم الابتكارات وحقوق الملكية الفكرية تصبح غير قادرة على تعويض أتعاب الملكية الفكرية، (Kåresen, 2019, p. 23) بينما يرى الفريق الثاني أن الهندسة العكسية دافع الى الابتكار إذ ما هي إلا مرحلة من مراحل الابتكار التحسيني بعد فك وتحليل وفهم المنتج الأصلي.

4.2. أسباب ودو افع استخدام الهندسة العكسية:

أسباب استخدام الهندسة العكسية لا تعد ولا تحصى. فبعضها قانوني وأخلاقي والكثير منها ليس كذلك. يمكن، على سبيل المثال، أن يطبق من قبل منشئ المنتج عندما لا يتمكن من تذكر الخطوات التي استخدمها لإنشاء المنتج في المقام الأول كما يمكن استخدامه لاستنساخ

المنتج وتصنيعه بتكلفة أقل من الأصل والذي قد يكون من الناحية القانونية والأخلاقية هندسة عكسية غير مقبولة.

تشمل الأسباب الشائعة للهندسة العكسية ما يلي:

تطوير واجهات لإمكانية التشغيل البيني للنظام: يمكن استخدام الهندسة العكسية عند تضمين الأنظمة القديمة أو في حالة عدم توفر الوثائق الأصلية.

تجسس المنافسين: وهذا من أقوى الدوافع التي تجعل من الشركات الصناعية خاصة تقتني أول نسخة من المنتج الجديد المنافس لفهمه وتحليله ومنه إلى صنع نموذج أقل تكلفة وأفضل اداء.

تجسس عسكري: في المجالات المتعلقة بالصناعات الحربية قد تمكن الهندسة العكسية من استنساخ منتجات المنافسين أو فهم كيفية تطوير منتجاتهم وفقا للتدابير العسكرية المضادة.

تحسين وثائق المنتج: إذا كانت وثائق المنتج المقدمة (كتالوج) لا تفي بمعايير الاستخدام السهل، فقد تكون الهندسة العكسية للمنتج تساعد في توضيح الوثائق إلى مستوى أعلى. وإعادة التوثيق هي أبسط وأقدم غرض من أغراض الهندسة العكسية (Elliot. Chikofsky, 1990, p. 15)

في المجال الطبي: يتم توليد البيانات لإنشاء بدلات الأسنان أو الجراحة، والأنسجة المهندسة عكسيا وكذا أجزاء الجسم، أو للتخطيط الجراحي.

في المجال الأمني: تستعمل الهندسة العكسية لتوثيق واستنساخ مسرح الجريمة. (Raja, Reverse Engineering An Industrial Perspective, 2008, p. 4)

التقليل من التقادم: العديد من مكونات المنتجات لها عمر تجاري قصير، إذا تعذر شراء مكون موجود، فقد يكون من الممكن إجراء هندسة عكسية له بحيث يمكن إنشاء بديل بالمواد المتاحة حاليًا.

صيانة المنتج الأصلي: قد تكون الصيانة مطلوبة فتصبح الهندسة العكسية مطلوبة أيضًا عندما لا تدعم الشركة المصنعة الأصلية صيانة منتج معين.

تحديث منتجات البرمجيات: قد تستفيد الأنظمة القديمة من الهندسة العكسية عندما تُفقد المعرفة الأصلية لكيفية معالجة تحدٍ معين لشركة ما. يمكن أن تساعد الهندسة العكسية أيضًا في ترحيل البرامج القديمة إلى منصات جديدة.

التكيفات الأمنية: يمكن أن تفيد الهندسة العكسية القرصنة ونسخ الأنظمة عن طريق إزالة إدارة الحقوق ويمكن أيضًا استخدامها لتطوير بروتوكولات أمان أكثر صرامة من خلال فهم أفضل لتشغيل المنتج.

استنساخ. إنشاء نسخ: وهي خطوة تعتبرها الدول الأكثر تقدما خطوة غير قانونية حماية لبراءات الاختراع وتعني من خلال منتج أصلي يمكن تطويره الى منتج مهندس عكسيا.

لغرض تعليمي: يمكن أن تكون الهندسة العكسية بمثابة أداة تعليمية تمكن من فهم التصاميم الناجحة (وغير الناجحة) بحيث يمكن البناء على هذه المعرفة في المستقبل.

تقليل التكاليف: من خلال فهم ما يدخل في المنتج - يمكن الحصول على بدائل أرخص كأجزاء بديلة.

إعادة التصميم: قد تعمد الشركات إلى إجراء هندسة عكسية لمنتجاتها التي لم تعد مفيدة بحيث يمكن تحسينها وجعلها مفيدة مرة أخرى، إما بتخفيض التكاليف أو رفع الجودة أو بهما معا.

ذكاء المنافس: تعلم ما يفعله منافسوك في الواقع بدلاً من ما يقولون علنًا أنهم يفعلونه، إذ أن الهندسة العكسية تكشف فعلا أداء الشركات المنافسة أفضل مما تفعله إعلاناتهم المبالغ فيها. (Wiora, 2016)

حصاد المواد أو التخريد: قد يحتاج المهندس العكسي إلى بعض القطع من المنتج ما يجعله يلجأ إلى التفكيك قصد استعمالها في منتج آخر أو استعمالا مختلفا عن الأصل. (Goodarzi, 2011, p. 349)

5.2. مجالات استخدام الهندسة العكسية:

بما أن الهندسة العكسية هي الهندسة العكسية هي نشاط حل المشكلات الذي يحدث عندما يأخذ المرء a نظام من صنع الإنسان، كليًا أو جزئيًا، ومحاولات - من خلال التحليل المنهجي لخصائصه الفيزيائية والأدلة الأخرى المتاحة - للإجابة على واحد أو أكثر من الأسئلة التالية: ما هذا؟ ماذا تعمل، أو ماذا تفعل؟ كيف يفعل ذلك؟ ماذا يوجد في الداخل، هو - هي؟ كيف تم صنعه؟ (Jorge F. Garcia, 2015, p. 7)

في الآونة الأخيرة لم تعد الهندسة العكسية محصورة على البرمجيات كما كانت بل تعدته إلى مختلف المنتجات الصناعية مثل الآلات الميكانيكية والكمبيوتر وصناعة السيارات الطائرات

والقطع العسكرية وكذلك الحمض النووي البشري، فهي لها أهمية خاصة مع أجهزة الحاسوب والبرمجيات وأنواع مختلفة من التكنولوجيا مثل الليزر والنانو ومجالات الهندسة المختلفة والمنتجات الكيميائية وحتى المنتجات البيولوجية وبالنهاية كل منتج للإنسان دخل فيه (صناعي تام أو شبه صناعي) قابل للتفكيك والتحليل.

6.2. مشروعية الهندسة العكسية:

تعتبر الهندسة العكسية موضوعًا معقدًا من الناحية القانونية فمن المهم ملاحظة أنه لا جدوى من الهندسة العكسية لعملية حاصلة على براءة اختراع لتكرارها فالبراءات هي مسألة سجل عام والعملية موثقة بالكامل، ومع ذلك، يتم إجراء هندسة عكسية للعديد من براءات الاختراع من أجل فحص ما إذا كانت تمس براءات الاختراع (أو حقوق النشر) الخاصة بالملكية الفكرية الأخرى، ولذلك لإثبات عدم وجود هندسة عكسية قد نضطر إلى الهندسة العكسية.

تختلف البيئة القانونية للهندسة العكسية من بلد إلى آخر، وهذا يعني أنه قبل إجراء أي شكل من أشكال الهندسة العكسية في تصميم منتج أو تطوير مشروع، يجب أن تأخذ الاستشارة القانونية وحتى مشاريع الهندسة العكسية التي تبدو أخلاقية قد تكون مخالفة للقانون.

وتجدر الإشارة هنا أن الهندسة العكسية تصبح غير ضرورية إذا كانت المعلومات التي تبحث عنها موجودة بالفعل ومشاعة في المجال العام.

a. المعارضون للهندسة العكسية

ليس من السهل الدفاع عن الملكية الفكرية وإثبات الهندسة العكسية وانتهاك حقوق النشر أو براءات الاختراع الخاصة، فالحقيقة وجب على كل حامل لملكية فكرية أو براءة اختراع أن يأخذ الاستشارة القانونية بشأن طرق الانصاف المتاحة. فالرسوم القانونية والاتعاب القضائية هي تكاليف مؤكدة في حين أن كسب القضية صعب جدا.

ويرى أصحاب الاتجاه المعارض أن الواجب على كل مهندس عكسي أن يأخذ كذلك بالاستشارة القانونية قبل الانطلاق فيها أو أخذ ترخيص من صاحب الملكية الفكرية أو براءة الاختراع خاصة إذا كانت هناك نية لتسويق مخرجات الهندسة العكسية. (Wiora, 2016).

b. الداعمون للهندسة العكسية:

يقول Jon Johansen ، أحد أبرز مؤيدي تصميم المصادر المفتوحة، "بشكل أساسي ، إذا تم حظر الهندسة العكسية ، فإن الكثير من مجتمع المصادر المفتوحة محكوم عليه بالفشل." (Wiora, 2016)

وبناء على ذلك فإن الهندسة العكسية تقنية تصميم وتطوير مفيدة مع العديد من التطبيقات المحتملة. شريطة دائمًا الحصول على المشورة القانونية قبل إجراء تمارين الهندسة العكسية ومضاعفة ذلك إلا إذا كانت مخرجات الهندسة العكسية متاحة تجاريًا، فلا توجد عملية واحدة عبر الصناعات للهندسة العكسية، فهي ببساطة عملية تأخذ من خلالها منتجًا نهائيًا وتستنتج كيفية صنعه وعمله.

كما يعتبر الداعمون للهندسة العكسية أن سيطرة يفرضها المبتكر من خلال براءة اختراعه تحد من حرية المنافسة على المبتكرين الآخرين، وفي هذا الصدد أشارت (IVA) الأكاديمية السويدية الملكية للعلوم الهندسية في شرحها للعلاقة بين حقوق الملكية وحرية المنافسة أن الابتكارات يمكن تحفيزها من خلال تسهيل التسويق وإتاحة المعرفة للمستهلكين ومن ثمة تصبح المعرفة والتكنولوجيا متاحة للجميع وبالتالي تسهيل منح التراخيص والعقود للهندسة العكسية ما يجعل تكاليف المنتجات أقل. (Kåresen, 2019, p. 24)

ويذهب كل من Pamela Samuelsson و Suzanne Scotchmer إلى رأي مفاده أن المبتكر الأصلي لديه بالفعل حماية كافية لابتكاره بالمهلة الزمنية في السوق، لأن تطبيق الهندسة العكسية عليه مكلفة وتستغرق وقتًا طويلاً مما يعني أن الأمر يستغرق بعض الوقت قبل أن يتمكن المهندس العكسي من تقديم منتج منافس تم تطويره من الهندسة العكسية. (Kåresen, 2019, p. 24)

الهندسة العكسية في مناطق التصنيع الكبرى:

الهندسة العكسية في أوروبا:

في الاتحاد الأوروبي، يُسمح بعكس هندسة البرمجيات لغرض إمكانية التشغيل البيني، ولكن ليس لإنشاء منتج منافس، بالإضافة إلى ذلك يحظر الافراج عن المعلومات التي تم الحصول عليها من خلال الهندسة العكسية. (mauel, 2014, p. 7)

الهندسة العكسية في أمريكا:

ينص قانون حقوق المؤلف للألفية الرقمية (DMCA) على أن الهندسة العكسية قانونية للبرامج إذا كان لغرض التشغيل البيني، وخلافا للقانون في الاتحاد الأوروبي، تتجاوز اتفاقية ترخيص المستخدم النهائي (EULA) قانون حقوق النشر لهذا الجانب، بينما تحظر اتفاقيات ترخيص المستخدم النهائي بشكل صريح الهندسة العكسية. (mauel, 2014, p. 7)

3. أهمية نقل التكنولوجيا:

النمو الاقتصادي المطرد للدول المتقدمة يقابله الفقر المدقع وانخفاض الدخل والتنمية في البلدان الأقل نموا، يتطلب الأمر تنمية القدرات الإنتاجية - المادية والبشرية والمؤسسية بطريقة تمكن السكان العاملين من أن يصبحوا أكثر كفاءة وإنتاجية. عن طريق تطوير وطني للقدرات الإنتاجية من خلال تراكم كل من رأس المال والتكنولوجيا.

هناك اتفاق واسع النطاق على أهمية التقدم التكنولوجي للنمو الاقتصادي، فالتكنولوجيا هي التغيير حيث تزيد من إنتاجية الأرض والعمالة ورأس المال، وخفض تكاليف الإنتاج وتحسين جودة المخرجات ثم القدرة على تحديثها والمنافسة الدولية.

إن الأهمية الدولية لنقل التكنولوجيا (ITT) معترف بها على نطاق واسع وفي نفس الوقت تعاني الدول النامية من الحواجز التي تحول دون اعتماد التكنولوجيا الذي من شأنه تقليص الفجوة بين البلدان المتقدمة والبلدان النامية، إن نقل التكنولوجيا من شأنه تحقيق التغيير الهيكلي وتسريع وتيرة وجودة الانتاج ما يحقق فوائض مالية ومن ثمة مشاريع جديدة وهو ما يقلص معدلات البطالة.

1.3. الهندسة العكسية كأداة لنقل التكنولوجيا:

إن الحد من الفقر مرتبط بالتغيير الهيكلي الذي يرتبط بدوره بالتقدم التكنولوجي، لذلك وجب دعم التغيير والتقدم التكنولوجي من خلال نقل التكنولوجيا العكسية ولذلك فإنها أفضل طريقة للنمو الاقتصادي المستدام والسريع إذا كان جزء من استراتيجية أوسع لتطوير القدرات الإنتاجية وتوسيع فرص العمالة المنتجة.

يساعد نقل التكنولوجيا عن طريق الهندسة العكسية على تجميع تقنيات متباينة المستوى والنوع من حيث التطور، ومن مصادر متعددة. (Sunday, 2018, p. 468)

كثير من البلدان النامية أهمها الافريقية تحسنت بيئات الاستثمار الخاصة بها مع تقديمها العديد من الحوافز لجذب الاستثمار الأجنبي المباشر (FDI)، غالبًا في تكلفة كبيرة دون جدوى،

ففي الواقع، هناك خطر حقيقي يتمثل في "التسابق إلى أسفل "بين البلدان النامية التي تتنافس على الاستثمار الأجنبي المباشر (Sunday, 2018, p. 469) لذلك تبدو عملية الهندسة العكسية طريقة مختصرة لنقل التكنولوجيا بالاعتماد على الذات.

2.3. استراتيجيات وطرق نقل التكنولوجيا:

هناك بعض الطرق التي من شأنها نقل التكنولوجيا نوجز أهمها فيما يلي (Goodarzi, Reverse Engineering: A Way of Technology Transfer in Developing Countries like Iran, 2011, p. 347):

- استراتيجية الابتكار والتصميم للمنتج من خلال أنشطة البحث والتطوير وهي أفضل طريقة على الاطلاق؛
- استراتيجية تطوير التكنولوجيا؛
- استراتيجية الهندسة العكسية؛
- استراتيجية اختيار التكنولوجيا ونقلها وتدجينها؛
- استراتيجية تكنولوجيا الاستخدام الفعال للإمكانيات المتاحة؛
- استراتيجية شراء المصنع وعملية الإنتاج في شكل توصيل مثالي؛
- استراتيجية تكنولوجيا شراء المنتج المقصود. (Goodarzi, Reverse Engineering: A Way of Technology Transfer in Developing Countries like Iran, 2011, p. 347)

4. تجارب دولية في استخدام الهندسة العكسية:

إن عمليات نقل التكنولوجيا عملية مستمرة سواء بطريقة قانونية أو بغيرها خاصة من طرف الدول الصاعدة، فالضرورات التي تعيشها بعض البلدان في قطاعات حساسة كالصناعات الصيدلانية مثلا تجعلها تنهج طريقة الهندسة العكسية والتقليد التقليدي.

1.4. تجربة إيران في الهندسة العكسية:

يتم استخدام الهندسة العكسية أيضًا من قبل الجيوش من أجل نسخ تقنيات أو أجهزة أو معلومات الدول الأخرى التي تم الحصول عليها من قبل القوات النظامية في الحقول أو بواسطة عمليات المخابرات. كان هذا الاسلوب يستخدم غالبًا خلال الحرب العالمية الثانية والحرب الباردة، فعلى سبيل المثال، وفقًا لما نقلته ويكيبيديا، قامت إيران بهندسة عكسية للطائرة

BGM-71 وصاروخ السحب. وذكر أنه في مايو 1975، بدأت المفاوضات بين إيران وHughes Missile Systems على الإنتاج المشترك من صواريخ TOW وMaverick، وفي 1979 اللاحقة للثورة أنهت إيران كل الخطط مثل الانتاج المشترك. فقد كانت إيران نجحت في الهندسة العكسية للصاروخ وتنتج حاليًا نسختها الخاصة (Goodarzi, 2011, p. 348)، كما يذكر Axe David أن إيران أيضا قامت بالهندسة العكسية ل طائرة بدون طيار من نموذج Jorge F. RQ-170) (Garcia, 2015, p. 6 وهو ما جعلها اليوم مصدرة لهذا المنتج المهم خاصة في الحرب الروسية الأوكرانية. (Michael Knights, 2022)

2.4. تجربة كوريا واليابان:

على الرغم من التطور اللافت للعملاقين الكوري والياباني في شتى المجالات الصناعية والبرمجية خاصة إلا أن أسلوب الهندسة العكسية يعد سبيلاً اتبعته هاتين الدولتين على الأقل في المراحل المبكرة من مسيرتهما للتنمية الصناعية.

في عام 1933 قام Kiichiro Toyoda بعكس تصميم أحدث سيارة من جنرال موتورز شيفروليه، وتحليل جميع مكوناتها ثم قام بتحديد الشركات اليابانية التي يمكن أن تنتجها، وفي عام 1934 قام بتصميم طراز سيارة ركاب يجمع بين جنرال موتورز شيفروليه وكرايسلر دي سوتو. (studies, 2022, p. 1) ثم طورت تويوتا انتاجها الى الشاحنات ثم منحت الحكومة تراخيص الانتاج لشركتي تويوتا ونيسان سنة 1936 وطورت الشركتان منتجاتها بفضل الهندسة العكسية ومن دون مساعدة الشركات الامريكية.

غير أن اليابان بمجرد نمو برامجها وتطورها باشرت في حماية هذه البرامج خاصة في الفترة الممتدة ما بين 1970 و1980، يتضمن النهج الياباني أيضا سياسة مفادها أنه يجب نشر الأفكار الأساسية للبرامج بحرية، وإحدى طرق تحقيق ذلك هي جعل الهندسة العكسية عملاً قانونيًا. فقد وجدت أيضًا حالات قضائية أخرى مثل الولايات المتحدة (Mishra, 1997, p. introduction) وذلك ما أقرته المحكمة العليا الامريكية (Aziz, 2009, p. 143) والمفوضية الأوروبية حيث أصبحت الهندسة العكسية فعلًا قانونيًا في ظروف معينة اقتداء باليابان. (Mishra, 1997).

5. الخاتمة:

يعد الارتقاء بمستوى التصنيع في الدول النامية رهانا صعبا خاصة في ظل ارتفاع فواتير وآجال الابتكارات الجذرية وهيمنة الدول الصناعية على مستويات عالية من الهندسة الأمامية

باستخدام نماذج رقمية وبرمجية دقيقة، هذا الأمر يحتم على كل متأخر أن يسلك طريقا مختصرا حتى ولو كان ذلك على حساب الأطر القانونية التي ترسمها وتكيفها الدول المتقدمة على مقاسها.

1.5. النتائـــــج:

بينت الدراسة أن الهندسة العكسية **هي الطريقة الأنسب لنقل التكنولوجيا وتقليص الفجوة مقارنة مع أي طريقة أخرى نظرا لأهميتها في تخفيض التكلفة واختزال الوقت.**

كما تبينت من خلال هذه الدراسة جملة من النتائج نوجز أهمها فيما يلي:

- أن الهندسة العكسية استراتيجية جد مهمة للدول النامية من أجل التدارك ونقل التكنولوجيا وتقليص الفجوة؛
- أن الهندسة العكسية هي طريقة مختصرة لكسب التكنولوجيا بأقل تكلفة وأقل وقت ممكن.
- أن الهندسة العكسية ليست تقليدا رغم كونها غير مشروعة إلا أنها تدعم الابتكار بما أنها بداية لتطوير منتجات الهندسة الأمامية؛
- أن الهندسة العكسية طريقة تنتهجها وتطبقها الشركات المتطورة والدول المتقدمة، بل هي طريقة اقلاع العديد من الشركات الرائدة؛
- أن الهندسة العكسية يمكن تطبيقها على المنتجات المادية وغير المادية (البرامج) والمنتجات التي تحتويهما معا؛
- رغم عدم مشروعية الهندسة العكسية التي تقود مناهضتها كل من الولايات المتحدة وأوروبا إلا أن المناهضين للهندسة العكسية هم من يطبقونها في الخفاء، فكل منتج جديد يخضع فور صدوره للهندسة العكسية من الشركات المنافسة.

2.5. التوصيات:

وأخيرا يمكن القول أنه ينبغي للدول النامية حماية أنظمة الهندسة العكسية ودعمها لوجستيا مثلما كانت التجربة الإيرانية، والتجربة اليابانية، وبالتالي يجب وضعها بمثابة استراتيجية دولة تمويلا ودعما وحماية، ومن جهة ثانية يمكن الاستفادة من الهندسة العكسية في عملية التعلم وهي طريقة قانونية تجيزها أغلب الدول، كما ننوه إلى ضرورة دعم القطاعات ذات الأولوية في عمليات الهندسة العكسية كالصناعات الطبية والصيدلانية وتلك التي تثقل كاهل ميزانية الدولة كصناعة السيارات والعتاد الفلاحي وغيرها، كما يعتبر من الذكاء الصناعي

الهندسة العكسية للبرامج ولآلات الروبوت الصناعي والمعدات الثقيلة والتي تسهم في تنشيط الحركة الصناعية.

6. **المراجع**:

- *Raja, V. (2008, October). Reverse Engineering An Industrial Perspective. London: Library of Congress.*
- *Jorge F. Garcia, ,. S. (2015, december). Un-building blocks: a model of reverse engineering and applicable heuristics. Un-building blocks: a model of reverse engineering and applicable heuristics. Naval: naval postgraduate school.*
- *Kåresen, R. (2019). Reverse Engineering of Software - An analysis of the possibility to contractually restrict reverse engineering of trade secrets in software. Reverse Engineering of Software - An analysis of the possibility to contractually restrict reverse engineering of trade secrets in software. Gothenburg, Gothenburg: Department of Law, The School of Economics at the University of Gothenburg.*
- *Amini, G. H. (2017, march). Process of Technology Transfer and Reverse Engineering. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), pp. 76-79.*
- *Aziz, S. B. (2009). Influences of TRIPs Agreement on Competition Policy in AddressingIntellectual Property Rights of Software Patent: Malaysian Perspective. p. 144.*
- *Elliot. Chikofsky, J. H. (1990, 1). Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy. IEEE Software, pp. 14-15.*
- *Goodarzi, M. R. (2011, December 5). Reverse Engineering: A Way of Technology Transfer in Developing Countries like Iran. International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, 1, pp. 347-353.*
- *Goodarzi, M. R. (2011, December 5). Reverse Engineering: A Way of Technology Transfer in Developing Countries like Iran. International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, 1, p. 349.*
- *Hauke, J. d. (1999, may). design verification using reverse engineering. michigan, michigan, USA: the university of michigan.*
- *mauel, V. (2014, august). reverse engineering - an exemplary approach to the fundamentals of reverse engineering. reverse engineering - an exemplary approach to the fundamentals of reverse engineering, 3-6. Aachen,*

- *Mishra, R. (1997, june 2). Reverse Engineering in Japan and the Global Trend Towards Interoperability. Murdoch University Electronic Journal of Law.*
- *Sunday, O. O. (2018, July). Technology Transfer with Reverse Technology Approach in the Least Developed Countries "LDCs",. International Journal of Scientific & Engineering Research, 7, pp. P468-469.*
- *Timur Kogabayev, A. M. (2017, april). The definition and classification of innovation. Journal of Business and Public Administration, p. 60.*
- *Titus, J. E. (1994, october). Matter, Right to Reverse Engineer Software: Is Japan Next and Does It Really. north carolina journal of international law and comercial regulation.*
- *wikipedia. (2022, 9). Reverse engineering. Retrieved 11 4, 2022, from wikipedia: from : https://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_engineering*
- *Wiora, G. (2016). , Reverse-Engineering Conceptual Definition - Heading Back to Where We Started. Retrieved 11 4, 2022, from https://www.interaction-design.org/literature/article/reverse-engineering-conceptual-definition-heading-back-to-where-we-started*
- *studies, n. g. (2022). How Toyota Started Car Production. Retrieved from https://www.grips.ac.jp/: https://www.grips.ac.jp/teacher/oono/hp/docu02/ToyotaCars.pdf ..*
- *Raja, V. (2007, October). Introduction to Reverse Engineering. Retrieved November 9, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/226320946_Introduction_to_Reverse_Engineering..*
- *Michael Knights, A. A. (2022, nov 10). What Iran's Drones in Ukraine Mean for the Future of War. Retrieved nov 18, 2022, from https://www.washingtoninstitute.org/: https://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/what-irans-drones-ukraine-mean-future-war*