

دور الأرغونوميا في خفض الثقل الفكري لدى العاملين على برامج الكمبيوتر

رهواني بوزيان

تخصص ماجستير الهندسة البشرية وتصميم العمل، قسم علم النفس وعلوم التربية

كلية العلوم الاجتماعية والإنسانية، جامعة وهران - الجزائر

ملخص:

نظراً للتطور الكبير في مجال برامج الكمبيوتر والمعلوماتية والذي بفضلله تطور العمل بشكل ملفت وفي مختلف المجالات، حيث أصبح في عصرنا هذا العمل الفكري يطغى على العمل البدني حيث حلت الآلة محل الإنسان في كثير من الأعمال التي كانت تعتبر شاقة وأصبح الإنسان فقط يلعب دور المتحكم في الآلة بأقل جهد بدني لكن هناك تفاوت في الجهد العقلي حسب الآلة التي يستخدمها الإنسان، ومن بين الآلات الأكثر حاجة للقدرات العقلية للإنسان نجد الكمبيوتر حيث أدى هذا الأخير وبشكل كبير إلى تطور العمل في شتى مجالات الحياة مثل التعليم الصحة والإدارة والتجارة وغيرها، حيث كان الكمبيوتر في بدايته يستخدم فقط من قبل المختصين في البرمجة ولكن عمدت الشركات على تطويره حيث أصبح معظم الناس يمكنهم استخدامه بدون الحاجة إلى تكوين عالي أو معرفة كيفية عمل الكمبيوتر، وبانتقال العمل من البدني إلى العقلي كان لازماً انتقال التعب من تعب عضلي إلى تعب أو عبء عقلي نظراً للمتطلبات العقلية التي يحتاجها الإنسان في عمله من تذكر وحساب وإدراك وحل المشكلات وإعطاء الأوامر... وغيرها، فكثر من مستخدمي برامج الكمبيوتر المختلفة يشكون من الثقل الفكري عند استخدامهم لبعض البرامج أو يحسون أنه يوجد اختلاف بين البرامج من حيث سهولة الاستخدام أو الإحساس بالراحة وأحياناً يجدون اختلاف بين النسخ المحدثّة لنفس البرنامج، وهذا لأن المختصين في العلوم السلوكية وكذلك الهندسة البشرية ومصممو والنقل الفكري لدى المستخدمين حيث قاموا بالبحث عن الأسباب التي تؤدي إلى عدم الارتياح (HCI) البرامج عملوا على دراسة واجهة كمبيوتر-إنسان

ووصلوا إلى تقديم حوالي 170 معيار لكيفية تصميم البرامج، ولهذا تطرق الباحث في بحثه عن بعض المعايير الشائعة في تصميم البرامج وكذلك بعض الطرق لكيفية قياس الثقل الفكري وتحديد مصادره وقبل ذلك كيفية تحليل مهام مستخدم البرامج، ومن بين البرامج الأكثر استخداماً وأكثر أهمية بالنسبة للمهندسين المعماريين والمدنيين نجد برنامج الأوتوكاد حيث يحتوي هذا البرنامج على تطبيقات كثيرة ويتطلب مهارات كبيرة.

الكلمات المفتاحية: المعايير الأرغونومية لتصميم برامج الكمبيوتر، تقنيات تحليل المهمة، قياس NASA-TLX الثقل الفكري.

مقدمة:

أدى ظهور الكمبيوتر إلى تطور العمل في مختلف ميادين الحياة مثل مختلف الأعمال الإدارية والتجارية والمصرفية والصحة والتعليم وكذلك بالنسبة للمهندسين سواء كانوا معماريين ومدنيين أو مهندسين في مجالات صناعية مختلفة مثل الميكانيك والكهرباء .. وغيرها ، حيث أصبح العامل في مختلف المؤسسات فقط يقوم بإدخال البيانات وإعطاء الأوامر للكمبيوتر، والكمبيوتر بدوره يقوم بمعالجة المعلومات التي كانت تعتبر شاقة بالنسبة للإنسان مثل الحسابات والهندسيات والإحصائيات المعقدة حيث كانت هذه العمليات في وقت مضى تستغرق كثير من الوقت ربما يدوم أيام أو أكثر وتتطلب جهد عقلي كبير وتركيز أكثر وعمل مجموعة من الأفراد وارتكاب الأخطاء واستهلاك الأوراق ، وهذا كله بفضل مجهودات كبيرة من طرف مصممو البرامج بالتنسيق مع مختصو الهندسة البشرية وكذلك الباحثين في العلوم السلوكية والاجتماعية حيث توصلوا إلى تحصيل مجموعة من المعايير الأرغونومية لتصميم برامج الكمبيوتر حيث صنفوا حوالي 170 معيار تقدم كنصائح لمصممي البرامج وهذا من أجل تسهيل عملية استخدام البرامج وجعله في متناول مستخدميه وكذلك من أجل أداء أحسن والتخفيف من العبء الذهني والإدراكي لمستخدمي هذه البرامج ، والجزائر مثل باقي الدول النامية تسعى إلى الاستفادة من الخبرات من الدول المتقدمة في شتى المجالات العلمية والمعرفية ومنها الهندسة البشرية لاستخدامها في مختلف مجالاتها ، ونظراً لأهمية تصميم البرامج لمختلف المؤسسات ومختلف المجالات كان كذلك أهمية لمعرفة المعايير الأرغونومية لتصميم البرامج ، فما هي هاته المعايير أو ماهي أهم المعايير الواجب إتباعها؟

وماهي أهمية هذه المعايير ، إذا كان هدفها تحسين الأداء وتخفيف الثقل الفكري، كيف نقيس الثقل الفكري لمستخدمي برامج الكمبيوتر وكيف نحدد مصادره؟

للبحث عن أهم الأسباب يحتاج الباحث إلى تحليل عمل مستخدم البرنامج فما هي الطرق والوسائل الأكثر انتشاراً والأكثر أهمية وكيف تطبق هذه الطرق أو التقنيات؟

(أ)- المعايير الأرغونومية لتصميم برامج الكمبيوتر:

توصل الباحثون إلى وضع العديد من المعايير الأرغونومية وتقديم العشرات من التوصيات للمصممين ومن بين أبرز هؤلاء الباحثين نجد كل حيث توصلوا إلى حوالي 900

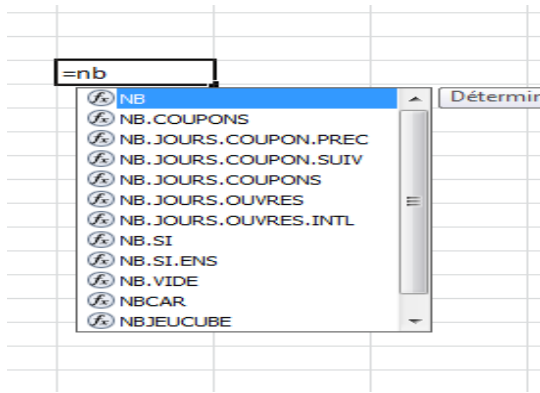
توصية في مجال أرغونوميا الكمبيوتر أو ما يسمى من سكاين وباستين سنة 1997، Scapin & Bastian، تحت رقم المرجع 9241 ويتضمن 17 جزء ISO وتم اعتماد البعض منها من طرف المنظمة العالمية للمعايرة HCI بواجهة إنسان - كمبيوتر، أما الجزء العاشر والذي تطرق إليه الباحث في هذا الجزء من البحث وهي:

1. التوجيه: (Guidance)

حيث يقوم الكمبيوتر بتوجيه المستخدم عن طريق تقديم رسائل توجيهية أو علامات معينة وينقسم هذا المعيار إلى أربعة معايير وهي:

1-1 الحث: (Prompting)

يشير هذا المعيار إلى كل الوسائل المتاحة التي تساعد المستخدم على معرفة البدائل الممكنة. مثال: في بعض البرامج مثل الإكسيل أو الأوتوكاد عند كتابة الحرف الأول يعطينا التعليمات أو الأوامر المتشابهة في الحرف الأول وعند كتابة الحرف الثاني يعطينا التعليمات المتشابهة في الحرفين الأولين ثم الحرف الثالث وهكذا ..



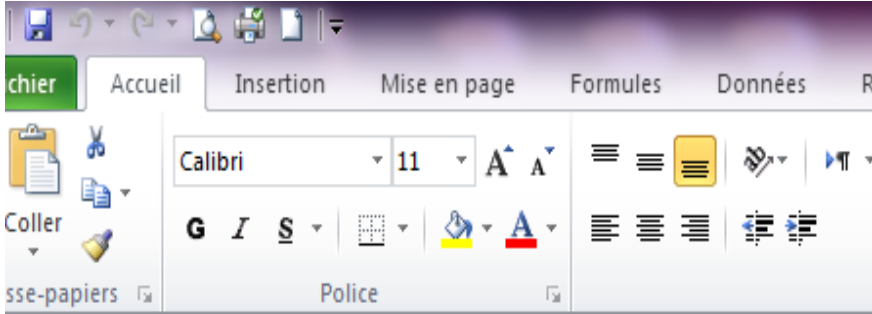
عند كتابة الحرف الأول لتعليمة nb تظهر التعليمات التي تبدأ بنفس الحرف

1-2 التجميع/التمييز بين العناصر: يشير هذا المعيار إلى التنظيم الملحوظ للعناصر

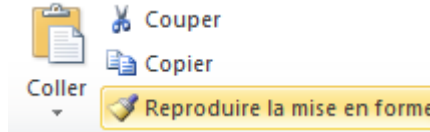
والمعلومات والأوامر، هذا المعيار يؤخذ بعين الاعتبار التوقع وبعض خصائص البيانات مثل الأشكال وينقسم هذا المعيار إلى ثلاثة معايير وهي:

1-2-1 التجميع/التمييز بالتوقع: تمييز العناصر أو القوائم حسب توقعها على واجهة

الكمبيوتر. مثال: تتموقع دائما وفي غالب البرامج بعض الأيقونات أو الأزرار في نفس المكان وهذا ما يساعد المستخدم على سرعة تطبيق الأوامر بدون البحث عنها في البرنامج مثل ما هو موضح في الرسم في الأسفل:



في كثير من البرامج يكون المستخدم متعود على وجود مثل هذه الأزرار والأيقونات في نفس المكان من البرنامج
1-2-2 التجميع/التمييز بالشكل: تتميز الكثير من الأزرار والأيقونات عن بعضها البعض بالشكل. مثال: تساعد الأشكال في التمييز بين نسخ وقطع ولصق كما هو موضح في الصورة في الأسفل



1-2-3 التجميع/التمييز بالأداء:

تتجمع العناصر مثل الأزرار أو الأيقونات حسب أداؤها في نفس القائمة إذا كانت متقاربة في الأداء. مثال: عند النقر على زر إدماج أو زر تعديل الصفحة نجد كلما له علاقة بتعديل الصفحة.

1-3 التغذية الراجعة الفورية : (Immediate Feedback)

تعني استجابات النظام لإجراءات المستخدم حالاً ويجب أن تكون أسرع وتقدم معلومات حول العملية المطلوبة. مثال: عندما تكون معالجة الكمبيوتر لعملية ما ولمدة تكون أطول فإن الكمبيوتر يرسل رسالة تفيد أن العملية قيد الإنجاز مثل رسالة: انتظر من فضلك العملية قد تستغرق عدة دقائق.

1-4 الوضوح: (Legibility)

تتعلق بخصائص المعلومات المعروضة على الشاشة التي قد تعيق أو تسهل قراءة هذه المعلومات (السطوع، التباين بين الحروف، أو بين الخلفية، حجم الخط، المسافة بين الكلمات، المسافة بين السطور، تباعد الفقرات، طول الخط... الخ)

2- عبء العمل: (Workload)

يتعلق هذا المعيار بجميع عناصر واجهة المستخدم والتي تلعب دور في خفض إدراك المستخدم، أو العبء الإدراكي وفي مضاعفة فاعلية التفاعل بين المستخدم والبرنامج. ينقسم هذا المعيار إلى معيارين ثانويين هما: الاختصار وكثافة المعلومات.

1-2 الاختصار (Brevity):

يتعلق بالعبء الإدراكي والمعرفي وكلاهما كانوا عبارة عن مدخلات أو مخرجات، ويعني هذا المعيار اختصار الإجراءات اللازمة للوصول إلى هدف معين أو إنجاز مهمة ما على البرنامج وينقسم هذا المعيار إلى معيارين فرعيين هما:

2-2 كثافة المعلومات (Information Density):

وتتعلق بجميع المعلومات المعروضة على شاشة الكمبيوتر حيث من الأحسن إظهار فقط المعلومات المطلوبة لإنجاز الهدف أو التي يحتاجها المستخدم أنياً حسب عمله. مثال عندما يريد المستخدم الرسم على البرنامج تظهر فقط أدوات أو أزرار الرسم مثل القلم والممحاة والألوان وغيرها وهذا من أجل عدم إرباك المستخدم في البحث عما يريد لكثافة العناصر المعروضة على شاشة الكمبيوتر.

3 التحكم الصريح (Explicit Control):

ويتعلق بكلا من معالجة النظام لإجراءات المستخدم الصريحة أو المحددة. مثال: الكمبيوتر فقط يعالج تلك الطلبات أو الأوامر المتخذة من طرف المستخدم فقط عندما يطلبها المستخدم.

4 التكيف (Adaptability):

يشير إلى قدرة التصرف وفق احتياجات المستخدم وينقسم هذا المعيار إلى قسمين:

1-4 المرونة (Flexibility):

يشير هذا المعيار إلى الوسائل المتاحة للمستخدم لتخصيص الواجهة من أجل اتخاذ

بعين الاعتبار استراتيجيات عمله وعاداته ومتطلبات المهمة، ويعكس هذا المعيار عدد الطرق الممكنة لإنجاز الهدف المعين أو قدرة تكيف الواجهة مع خصوصيات المستخدم. مثال: عندما تكون بعض العناصر المعروضة على واجهة الكمبيوتر غير مهمة يمكن للمستخدم حذفها أو إخفاءها.

4-2 خبرة المستخدم (User Experience):

يتعلق هذا المعيار بالوسائل المتاحة لأخذ بعين الاعتبار مستوى خبرة المستخدم. مثال: يسمح للمستخدم ذوي الخبرة بتنفيذ مجموعة من الأوامر في نفس الوقت.

5-تسيير الخطأ (Error Management):

يشير هذا المعيار إلى الوسائل المتاحة لمنع الوقوع في الخطأ أو تخفيفه والكشف عن حدوث الخطأ، وينقسم هذا المعيار إلى ثلاث معايير ثانوية وهي: الحماية من الخطأ، نوعية تنبيهات الخطأ، تصحيح الخطأ.

5-1 الحماية من الخطأ (Error Protection):

يشير هذا المعيار إلى الوسائل المتاحة من أجل كشف الخطأ ومنع حدوثه. مثال: عندما يريد المستخدم الخروج من البرنامج ولم يقوم بحفظ بياناته يتم إبلاغ المستخدم بأنه لم يقوم بحفظ بياناته فتظهر نافذة صغيرة تحتوي على أوامر حفظ أو عدم الحفظ أو إلغاء.

5-2 نوعية رسائل الخطأ (Quality of Error Messages):

يشير هذا المعيار إلى محتوى رسائل الخطأ وخصوصية طبيعة الخطأ (نص، شكل...الخ).

5-3 تصحيح الخطأ (Error Correction):

يشير هذا المعيار إلى كل الوسائل المتاحة للمستخدم لتصحيح أخطاءه. مثال: في كثير من البرامج يوجد سهم الرجوع على الخلف أي الرجوع إلى الإجراء السابق قبل ارتكاب الخطأ.

6 الاتساق (Consistency):

يشير هذا المعيار إلى طريقة اختيار الواجهة المصممة (رموز، أسماء، أشكال، معالجات...الخ). مثال: مثال يكون عنوان النافذة دائما في نفس المكان أو بعض الرموز يألفها

المستخدم في نفس المكان حتى يحدث اتساق بين المستخدم وواجهة الكمبيوتر.

7 معاني الرموز (Significance of codes):

يشير هذا المعيار العلاقة بين الموضوع أو العنصر والمعنى أو المرجع.

مثال: عند ملء بعض البيانات M يمثل رمز رجل Man و رمز F يرمز إلى أنثى Female .

8 التوافق (Compatibility):

يشير إلى المقابلة بين خصائص المستخدم (الذاكرة، الإدراك، المهارات، التوقعات، السن،..الخ) وخصائص المهمة المطلوبة من جهة وتنظيم المدخلات والمخرجات ومعالجة التطبيقات من جهة أخرى.

(ب) قياس الثقل الفكري: هناك ثلاثة أنواع من طرق قياسات الثقل الفكري:

1 القياس الفيزيولوجي: ويتضمن قياس معدل نبضات القلب، وقياس الضغط الدموي، قياس معدل التنفس وكذلك من أبرز طرق القياس (Eye-tracker)، الفيزيولوجي وهو قياس حركات العين (قياس الومضات وتفتح وانغلاق العين بواسطة نظارات خاصة). وكذلك قياس أنشطة الدماغ وذلك عن طريق قياس (Electroencephalogram (EEG، النشاط الكهربائي لقشرة المخ بواسطة جهاز، أو كذلك بواسطة جهاز قياس رمشات العين، Electrooculogram (EOG)

2 القياس الموضوعي Objective Measurement :

هناك عدة تقنيات لقياس NASA-Task Load index، وكذلك سلم: SWAT، وكذلك الثقل الفكري ومن أشهرها سلم:

تقنية ملمح الثقل الفكري Workload Profile Technique

NASA- وهو نظرا لشيوعه وكثرت استخدامه في كثير من الدراسات السابقة، تم تطويره من

يستخدم الباحث في موضوع بحثه سلم TLX

Hart & وتستخدمه شركة NASA في تقييم الثقل الفكري للطيرين لديها.

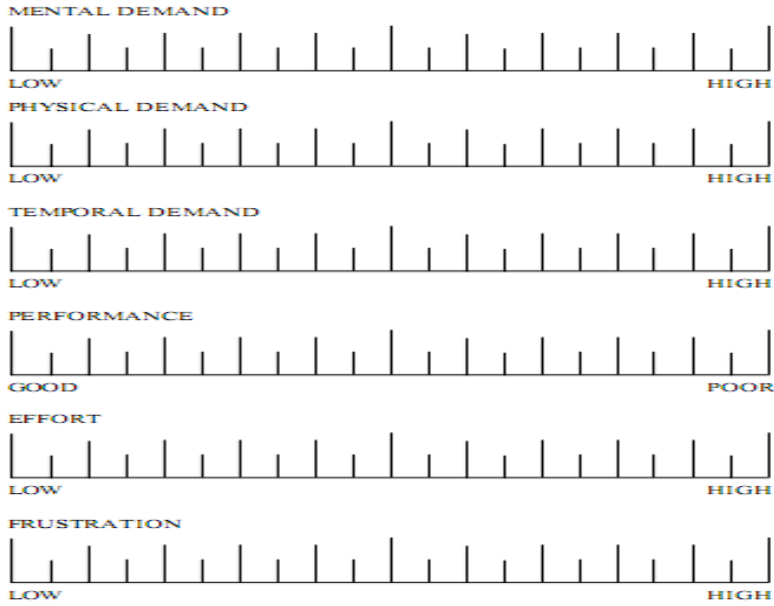
طرف الباحثين هارت وستيفلاند سنة 1992 Staveland

يقيس هذا السلم ستة أبعاد وهي: المتطلبات العقلية، المتطلبات العضلية، متطلبات الوقت،

الأداء، القلق والتوتر، الجهد المبذول للأداء.

حيث ينقسم هذا السلم إلى طويرين:

الطور الأول وهو التحصيل حيث يتم تقييم المتطلبات الستة المذكورة في سلاليم مرقمة من الصفر إلى المائة كما هو موضح في الصورة التالية:



المتطلبات	القطب	البعد
كم من العمليات العقلية (تذكر، إدراك، حل مشكلات.. الخ) التي تتطلبها المهمة؟	ضعيف مرتفع	المتطلبات الفكرية
كم من العمليات العضلية تتطلب المهمة (النقر بالفأرة، الكتابة بلوحة المفاتيح، حركات العين،)	ضعيف مرتفع	المتطلبات العقلية
إلى أي مدى وكَم من مرة تشعر بضغط الوقت في أداء المهمة؟	ضعيف مرتفع	المتطلبات الزمنية
كم هي عدد المرات التي تحس أنك أ	ضعيف مرتفع	متطلبات الأداء
ماهي عدد الحالات أو المرات التي ترى فيها أنك تبذل جهد عقلي وعضلي؟	ضعيف مرتفع	متطلبات الجهد العقلي والعضلي المبذول
كم من مرة صادفك شعور بالإحباط أو بالقلق أو الارتباك أو عدم الارتياح أثناء أداء مهامك؟	ضعيف مرتفع	التوتر، القلق، عدم الارتياح

الطور الثاني ويمثل الترجيح : يطلب من الشخص المفحوص في جدول يحتوي على خمسة عشر خانة يقوم بالترجيح بين أحد المتطلبات الستة من هي التي تكون أكثر مسببة للثقل الفكري حيث يتم ترميز هذه المتطلبات كما يلي:

المتطلبات العقلية **Mentale Demand** ويرمز له بالرمز **MD**

المتطلبات العضلية **Physique Demand** ويرمز له بالرمز **PD**

المتطلبات الوقتية **Temporal Demand** ويرمز له بالرمز **TD**

متطلبات الأداء **Performance** ويرمز له بالرمز **PR**

الجهد العقلي والعضلي المبذول **Effort** ويرمز له بالرمز **EF**

الإحباط وعدم الارتياح **Frustration** ويرمز له بالرمز **FR**

PR OR FR	PD OR FR	TD OR EF	TD OR FR	EF OR PR
PR OR MD	FR OR EF	TD OR MD	PD OR PR	PD OR TD
FR OR MD	EF OR PD	MD OR PD	MD OR EF	PR OR TD

وبعد الانتهاء من العملية يتم التحصيل في الجدول حيث يتم ضرب قيمة التحصيل لكل من المتطلبات في عدد تكرار المتطلب من خلا الترجيح ثم يقسم على العدد 15 ويتم حساب المجموع العام للثقل الفكري كما سيتم توضيحه في الجدول التالي:

المتطلبات	التحصيل	الترجيح	(التحصيل*الترجيح)/15	الحاصل
المتطلبات العقلية				
المتطلبات العضلية				
المتطلبات الوقتية				
الأداء				
الجهد المبذول				
الإحباط وعدم الارتياح				
المجموع العام				قيمة الثقل الفكري

خطة البحث : قام الباحث بإتباع الخطوات التالية:

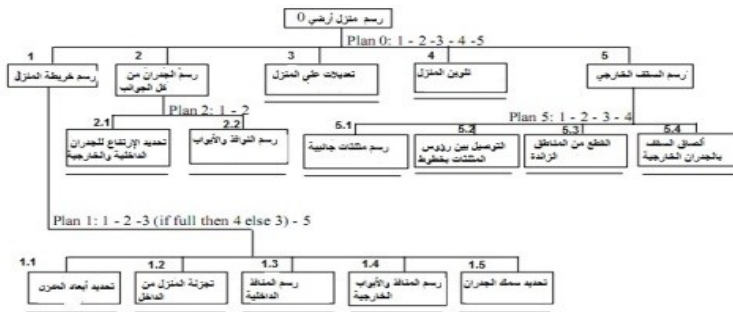
العينة: تم اختيار عينة البحث المتمثلة في ستة أفراد من المهندسين المعماريين والمدنيين كلهم تتراوح أعمارهم بين سن **AUTOCAD** ذكور يعملون في مكاتب دراسات عمرانية خاصة 30 و 45 لهم خبرة تتراوح بين 5 و 15 سنة حيث كلهم يستخدمون برنامج **الأوتوكاد** وهو برنامج خاص بإنشاء الرسومات والمخطوطات العمرانية والمدنية ولكن تتفاوت خبرتهم في

استخدام هذا البرنامج حيث بعضهم لم يتدرب على هذا البرنامج عند المختصين ولكن فقط عن طريق بعض الأصدقاء والبعض تكون عليه في دراساته الجامعية

إجراءات البحث:

قام الباحث بتوزيع استمارة جمع المعلومات المتعلقة بأفراد البحث من أجل معرفة السن والخبرة وواوقات العمل وكم من الوقت يستخدم البرنامج ثم يقوم الباحث بإجراء الدراسة ثلاث مرات أو أكثر في أيام مختلفة مع كل مهندس لمدة حوالي ساعتين حيث يقوم أولاً تعريف الشخص المفحوص بإجراءات البحث وأهميته ثم يتم عن طريق الملاحظة والمقابلة بجمع المعلومات فيقوم أولاً بما يسمى بالتحليل الهرمي للمهمة وهي التقنية الأكثر شيوعاً في تحليل المهام وهي تتمثل في الخطوات التالية:

- 1- تحديد الهدف الرئيسي للمهمة ويكون في أعلى الهرم مثل تصميم منزل ذات طابق أرضي.
 - 2- تحديد الأهداف الثانوية للهدف الرئيسي مثل رسم خريطة البيت ثم الجدران ثم السقف.
 - 3- تجزئة الأهداف الثانوية إلى أهداف فرعية مثل رسم الغرف المطبخ ..الخ.
 - 4- يتم تجزئة الأهداف الفرعية حتى نحصل على قاعدة الهرم والتي تتكون من العمليات فقط.
- حيث يتم كتابة كل هدف أو عملية أو خطة داخل إطار ويتم ترقيمه حسب التفرع من الأعلى إلى الأسفل وذلك باستخدام اوراق من الحجم الكبير يتم رسم هرم كما هو في الشكل.



رسم تخطيطي لعملية التحليل الهرمي لمهمة رسم منزل بواسطة الأوتوكاد

بعد الانتهاء من التحليل الهرمي للمهمة يتم تصنيف مختلف العمليات سواء كانت عقلية أو عضلية في جدول وبعد ذلك يتم قياس النقل. **NASA-TLX** الفكري بواسطة سلم. حيث يتم التنقيط على السلايم الستة ويتم الترجيح بين المتطلبات السنة في جدول الترجيح وهذا بعد

شرح السلم للشخص المفحوص وكيفية استخدامه ومن بعد جمع المعطيات لكل فرد من أفراد العينة يتم حساب الارتباط للثقل الفكري بين أفراد المجموعة وكذلك مقارنة بين المتطلبات العقلية للأفراد أثناء استخدامهم لمختلف التقنيات المتاحة والتي تتماشى مع المعايير الأرغونومية المذكورة سابقة.

مناقشة النتائج: من خلال التجربة اتضح أنه يوجد فرق في الثقل الفكري بين أفراد العينة حسب معرفتهم لمختلف التقنيات التي تساعد وتسهل العمل وهذا كل حسب خبرته، فمثلاً أحد الأفراد يقوم برسم الجدران بتقنية الأبعاد الثلاثة وذلك بالضغط على الزر فقط أما أحد الأفراد فيقوم برسم الجدران كل على حدة، وفي تقنيات أخرى يقوم الفرد بطباعة الحروف الأولى للحصول على العملية بينما آخرون يذهبون على القائمة للبحث عن العملية والضغط على الزر، كذلك للخبرة دور كبير في الحد من الثقل الفكري للفرد. وفي ملخص نتائج البحث يتضح أنه كلما زاد الفرد معرفة لمختلف التقنيات كلما قل الثقل الفكري لديه وزاد أدائه. كما ان الخبرة تلعب دور في التقليل من الثقل الفكري وذلك بفعل التكيف والتوافق مع البرنامج.

الخاتمة:

من خلال البحث يتضح أن للعلوم السلوكية وكذلك الهندسة البشرية دور كبير في توجيه المهندسين على تصميم برامج تتوافق مع المستخدمين حيث يتم ذلك من خلال تحليل المهمة المطلوبة ثم تحديد العوائق والمشاكل التي تصادف مستخدم البرنامج وكذلك تقديم توصيات وآراء للحد منها.

توصيات واقتراحات:

تلعب المعايير الأرغونومية دور كبير في تصميم البرامج المختلفة للكمبيوتر والذي يجب على المصممين الأخذ بعين الاعتبار هذه المعايير.

يعتبر قياس الثقل الفكري وكذلك قياس الأداء ذات أهمية كبيرة بالنسبة لمختصي الهندسة البشرية في تحديد مصادر الثقل الفكري ولذا ينصح باستعمال تقنيات تحليل المهام وكذلك تقنيات قياس الثقل الفكري.

المراجع:

- 1.Human Factors Design & Evaluation Methods Review, human Factors Integration Defence Technology center, the security officer AeroSystems International Limited,2004
- 2.NATO workload mental measurement, NATO Guidelines on human engineering Testing and Evaluation ,2001.
- 3.Elaboratino et validation de critères Ergonomiques pour les interactions Homme-Environnements Virtuels, thèse présentée a université de Metz, Cédric Bach,2004.
- 4.the handbook of Task analysis for human-computer Interaction, doom diaper & Neville Stanton, New jersey, 2004