تحسين وثوقية أنظمة التحكم الحاسوبية باستخدام التشخيص المباشر

د. م أحمد خضور[1]

الملخص

دار البحث حول تحسين وثوقية الحاسوب بوصفه عنصراً أساسياً للمراقبة والتحكم بمحطة لتوليد الطاقة الكهربائية (أو غرفة العمليات – العناية المشددة بالمشافي)، وغيرها من التطبيقات المماثلة.

ركزَّ البحث على تطوير خوارزمية للتشخيص المباشر Online Diagnostic لتطبيقها بالحاسوب الشخصي، لتقصير الزمن الوسطي للإصلاح (MTTR) ورفع جاهزية الحاسوب Availability بوصفه أحد مؤشرات الوثوقية، بالكشف السريع عن الأخطاء في البرمجيات والأعطال بالعتاد.

تناول البحث أيضاً تصميم أداة تقنية (نموذج تشخيص) على شكل مايكرو كومبيوتر من كرت واحد، بحيث يمكن ربطه بالحاسوب عن طريق البوابات المبرمجة لتشغيل خوارزمية التشخيص المباشر وغيرها من البرمجيات المهمة في حال التعطل المفاجئ للحاسوب.

الكلمات المفتاحية: الوثوقية، الجاهزية، التكرار، التشخيص المباشر، نموذج تشخيص.

[1] أستاذ مساعد، قسم الهندسة الطبية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سورية.

Improving the reliability of computer control systems using on line diagnosis

Dr. Ahmad Khadour[(1)]

Abstract

The research is about improving the reliability of the computer as an essential element of monitoring and control of an electric power station (or operating room - intensive care units in hospitals) and other similar applications.

The research focuses on the development of the Online Diagnostic algorithm to implement in personal computer (PC) , to shorten (MTTR) mean time to repair and increase computer availability as a reliability indicator by quickly detecting software errors and hardware Failure .

The research also deals with the design of a technical tool (diagnostic model) in the form of a microcomputer from a single card, so that it can be connected to the computer through the programmable ports to run the online diagnostic algorithm and other important software in case of a sudden computer failure.

Key words: Reliability, Availability, Redundancy, on line Diagnostic, Diagnostic model.

[(1)]Associate Professor, Biomedical Engineering Department, Electrical and Mechanical Engineering Faculty, Damascus University, Syria.

1- المقدمة:

يعود الاهتمام بموضوع وثوقية الأنظمة Systemsعلى مختلف أنواعها إلى مرحلة زمنية قديمة. لكل منظومة إمكانية للإخفاق Failure، لأنَّها مزيج من مكونات مختلفة لكل منها نوع من الفشل. تحليل إخفاق أي منظومة يجب أن يأخذ في الحسبان وقت الإخفاق، ومكانه، ونوعه، وأثره. مطلب تحسين (أو زيادة) وثوقية Reliability أي منظومة يتضمن تحسين قيم مؤشرات الوثوقية كلَّها. وبخصوص وثوقية الحاسبات كمنظومات الكترونية ازداد الاهتمام بها ازدياداً ملحوظاً مع بداية الإنتاج الكبير الذي شهدته هذه التقنية ودخولها إلى مجالات الحياة كلَّها[1]. وبالنظر إلى أنَّ تقنيات التصنيع لم تتمكن حتى الآن من تأمين أنظمة تعمل دون تعطل خلال المدة التي تكون فيها بالخدمة الفعلية، مازال المصممون يحاولون التخلص من الأخطاء (والأعطال) التي قد تظهر في الأنظمة الحاسوبية والتي يمكن أن تؤدي في بعض التطبيقات إلى كوارث كبيرة. لتجاوز أثر الأخطاء والأعطال بالحاسبات والعمل على عدم توقفها عن العمل في أثناء وضعها بالخدمة الفعلية لابدَّ من تحسين (رفع)الوثوقية[5].

دار البحث حول دراسة وثوقية الحاسبات المستخدمة في تطبيقات مهمة مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية، أو مراكز العناية المشددة في المشافي وغيرها من الأنظمة المماثلة المصممة للعمل خلال مرحلة طويلة من رتبة عشرات السنين. ومع أنَّ الحاسوب المستخدم لأعمال المراقبة والتحكم في مثل هذه المنظومات يعدّ جزءاً من المنظومة نفسها، إلا أنَّ البحث يركز على تحسين وثوقية الحاسوب فقط كجزء من المنظومة المقادة بغض النظر عن وثوقية بقية الاجزاء[4].

وبالنظر إلى لتطور السريع لتكنولوجيا الالكترونيات، ينظر إلى التجهيزات الرقمية (الحاسبات) على أنَّها تتقادم بشكل أسرع من التجهيزات الأخرى بعمر افتراضي من رتبة خمس سنوات. ومن ثمَّ للمحافظة على الخدمة المستمرة للحاسبات كأنظمة مراقبة وتحكم لفترة طويلة تتماشى مع عمر التجهيزات المقادة يلزم بين الحين والآخر القيام ببعض أعمال الصيانة لهذا الجزء من المنظومة الكلية مثله مثل أي جزء آخر. تؤدي الصيانة كواحدة من أربع معاملات ضرورية (الصيانة، وعدم التعطل، والاستخدام الصحيح، والإعادة إلى وضع العمل الطبيعي) إلى رفع الجاهزيةAvailability بوصفها أحد مؤشرات الوثوقية [7] وبالنظر إلى أنَّ موثوقية كل مكون من مكونات الحاسوب ترتبط بمستوى المنتج وسمعته، سنعمل في هذا البحث على تحسين وثوقية الحاسوب بتحسين مستوى الصيانة بتطوير خوارزمية للتشخيص المباشر Online Diagnostic للأعطال، وضمان استمرارية عمل الحاسوب بشكل سليم، وتصميم إجراء تقني لتنفيذ هذه الخوارزمية في حال التعطل المفاجئ للحاسوب، بحيث تعمل الخوارزمية ونموذج تنفيذها على تحديد الأخطاء في البرمجيات والعطل بالعتاد بسهولة وبكلفة مقبولة[1]، [10].

هَدَفَ البحث إلى تحسين قيمة مؤشر الجاهزية للحاسوب المستخدم لأعمال المراقبة والتحكم في التطبيقات المهمة (بغض النظر عن حجم الحاسوب إن كان كبيراً أو من رتبة المايكرو كومبيوتر) كواحد من مؤشرات الوثوقية، بتقصير زمن الإصلاحMTTR (Mean Time To Repair).

2- الأعمال ذات الصلة Related Works:

احتلت البحوث المتعلقة بوثوقية الحاسبات حيزاً واسعاً من بين بحوث تقنية المعلومات المختلفة، وقد تبين من خلال المعلومات التي تم جمعها من تصفح بعض المواقع والمقالات العلمية المتعلقة بالموضوع من الانترنيت ومطالعة بعض المراجع أن معظم البحوث عن وثوقية أنظمة التحكم الحاسوبية تدور حول استخدام تحليل شجرة الأعطال (Fault Tree Analysis) لتحديد العناصر التي يمكن تطويرها أو استبدالها[3]، لكن بطريقةFTA التي طورت خصِّيصى للتحليل الكمي والكيفي للوثوقية، ولتحديد درجة الأمان لمختلف التطبيقات بما فيها تطبيقات تكنولوجيا المعلومات[8]IT، لا يوجد إضافة إجراءات خاصة بالوثوقية على خلاف ما سيتم اقتراحه بهذا البحث باعتماد إجراءات برمجية وتقنية للكشف السريع عن الخطأ (العطل) بالحاسوب، وتحديد مكان حدوثه، وإزالة أي أثر له بالسرعة الممكنة وتقصير الزمن الوسطي للإصلاح.

وبالنظر إلى الكلفة العالية المترتبة على زيادة الوثوقية لوحظ أنَّ معظم البحوث وحتى الشركات الأولى في العالم بمجال الحاسبات أولت الاهتمام فقط بموضوع الوثوقية للحاسبات الكبيرة ولبعض التطبيقات التحكمية المهمة جداً[6].

يمثل البحث ترجمة لبعض الأفكار في موضوع الوثوقية وتطبيقها بالمنظومات الحاسوبية المستخدمة لأغراض تحكمية بغض النظر عن مجال التطبيق وحجمه، إذْ لم يتم الاعتماد على أشياء محددة من الدراسات والبحوث الأخرى عن زيادة الوثوقية ليُشارَ إليها. توجد طرائق لزيادة الوثوقية لم تُسْتَخْدمْ بسبب التكلفة العالية؛ لذلك اقتصر الاقتباس بهذا البحث من المراجع على بعض التعاريف والمفاهيم العامة المتعلقة بالوثوقية ونماذج لحساب شدة تعطل المكونات الالكترونية للحواسيب.

3- العمل المقترح Proposal:

بالنظر إلى أنَّ الاقتصار على زيادة وثوقية الجوانب التقنية للحاسوب بمفردها أو الجوانب البرمجية لا يحقق الدرجة المطلوبة للوثوقية، بل يجب لحظ الجانبين معاً[2]. يتمحور العمل المقترح للبحث حول أولاً-اعتماد إجراء برمجي: يتلخص بتطوير خوارزمية للتشخيص المباشر للأعطال لمختلف مكونات الحاسوب لتحديد الكتلة، أو العنصر المعطل بالسرعة القصوى واصلاحه، وضمان عمل المنظومة المقادة بشكل سليم.

ثانياً- اعتماد إجراء تقني: يركز على إيجاد آلية تقنية مناسبة لتطبيق الخوارزمية المقترحة وغيرها من البرمجيات المهمة في حال التعطل المفاجئ للحاسوب الأساسي الذي يقوم بتنفيذ البرمجيات. يعتمد العمل المقترح بمعالجته لهذين الإجراءين على المفاهيم الأساسية للوثوقية، ولذلك نبدأ بالإشارة وباختصار إلى بعض هذه المفاهيم العامة [6].

3-1 المفاهيم العامة المتعلقة بالوثوقية

عند دراسة الوثوقية لأي منتج، نصادف تعابير عدة عن أداء المنتج والأخطاء الممكنة، نذكر منها:

- Defect العيب، ويمكن تعريفه بأنَّه الفرق بين المتوقع والفعلي في سياق الاختبار، ويمكن تصنيف العيوب إلى أخطاء Wrongs وأغلاط Mistakes
- Failure العطل، ويعني عدم قدرة أي مكون على أداء وظائفه ضمن متطلبات الأداء المحددة.
- Error ويمثل عمل بنتيجة غير صحيحة. ونصادف مفهوم Fault الأداء بطريقة غير متوقعة. وبالنسبة إلى الحاسبات سنعتمد مفهومي: الخطأ في البرمجيات Software Error والأعطال بالعتاد Hardware Failure. ومن التعاريف والطرائق المرتبطة بزيادة الوثوقية نشير إلى المفاهيم الآتية:

1- مفهوم الوثوقية Reliability:

وتمثل الكمية التي يمكن من خلالها تحديدكم من الوقت سيكون احتمال عمل جهاز ما بشكل سليم. ومن ثمَّ الوثوقية هي مواصفة عامة للمنتج تكمن في قدرته على تحقيق الوظيفة المطلوبة منه مع المحافظة على قيم مؤشرات العمل المحددة في المجالات المعطاة وفي الزمن بحسب الشروط التقنية الموضوعة. ويمكن تعريف الوثوقية R(t) (احتمال العمل دون تعطل) رياضياً بالعلاقة:

$R(t) = e^{-\lambda t}$ إذْ λ تمثل شدة التعطل.

2- التكرار (الاحتياط) Redundancy:

ويعني تزويد النظام بمكونات احتياطية غير ضرورية في الأنظمة الخالية من الأعطال، وتعمل عند حدوث الخطأ على التعامل معه وتجاوز وجوده، بحيث يتم الحفاظ على المستوى المطلوب من فعالية النظام بشكل يؤدي إلى رفع وثوقيته. وللتكرار أشكال عدة، نشير منها إلى[5]:

- التكرار الحيزي Space Redundancy:

وفيه يتم تزويد النظام بمكونات احتياطية إمَّا على شكل عتاد Hardware Redundancy وإمَّا على شكل برمجيات Software Redundancy وإمَّا على شكل بيانات، أو أرمزة خاصة بزيادة الوثوقية Information Redundancy.

- التكرار الزمني Time Redundancy:

يستخدم في التطبيقات التي لا تتطلب استجابات سريعة (أي عندما لا يكون هناك أهمية للزمن) لينهي التطبيق الوظيفة المطلوبة منه، إذْ يتم تكرار الحسابات، أو تكرار نقل البيانات ومقارنة النتائج بنسخة نتائج سابقة مخزنة، بحيث يتم من خلال مقارنة النتائج اكتشاف الخطأ وتصحيحه[7].

3-2 المؤشرات الاساسية للوثوقية:

الكمية الأساسية التي يتم التعامل بها خلال توصيف الوثوقية لأي عنصر هي الزمن الذي يمر بين وضع العنصر في العمل وتعطله. والوثوقية لا يمكن التعبير عنها بقيمة رقمية واحدة؛ وإنَّما بمساعدة عدة

متحولات عدَّة تدعى مؤشرات الوثوقية (جميعها متساوية من الناحية النظرية). وبحسب حالة أي عنصر (أو منتج) يتم تشخيصه (اختباره) إن كان في اللحظة اللاحقة قادراً أو غير قادرٍ على تحقيق الوظيفة المسندة له نميز حالتين أساسيتين، هما عدم التعطل والتعطل ولكل منهما مؤشراته الخاصة[6].

3-2-1 المؤشرات للأجزاء غير القابلة للإصلاح:

وتستخدم للتوصيف التام لعدم التعطل ومنها:

– احتمال التعطل Q(t): وهي الكمية التي تعطي احتمال الظاهرة المعاكسة لـ R(t) (أي احتمال أنَّه من بداية مراقبة العنصر إلى الزمن (t) لا يحصل بالعنصر أي عطل)، من ثمَّ: $Q(t) = 1 - R(t)$.

– شدة التعطل λ(t): تعطي هذه الكمية بأي احتمال يحدث تعطل في أقرب لحظة زمنية (dt) خلال المدّة الزمنية (t) بشرط أنَّه من اللحظة (t) لم يحدث تعطل:

$$\lambda(t) = (-1/ R(t)) .dR(t)/dt$$

غالباً ما يستخدم في التطبيقات العملية مؤشرات أو ميزات رقمية على خلاف المؤشرات الوظائفية التي لا تعطي التوصيف التام لعدم التعطل، ومن هذه المؤشرات الزمن الوسطي بين الأعطال

$$MTBFMTBF = \int_0^{\infty} R(t).dt = 1/\lambda$$

3-2-2 المؤشرات للأجزاء القابلة للإصلاح:

يعقب في الأجزاء القابلة للإصلاح كل عطل عملية إصلاح، من ثمَّ زمن العمل يمثل أيضاً كمية صدفية (احتمالية). ويمكن بشكل مماثل لشدة الأعطال λ بالنسبة إلى التجهيزات غير القابلة للإصلاح اعتماد شدة الإصلاح μ، إذْ: $MTTR = 1/ \mu$ ويعتمد بالنسبة إلى الجمل القابلة للإصلاح مفهوم الجاهزية Availability عوضاً عن مفهوم الوثوقية. والجاهزية تمثل احتمال أنَّ الجهاز سيكون في الزمن t في حال الجاهزية (أي قادر على العمل)، وتعرف الجاهزية a بالعلاقة: $a = \mu / (\mu+\lambda)$ التي تعطي احتمال أنَّ الجملة بالنظام الاستمراري (عمل – إصلاح) ستكون قادرة على العمل[2].

3-3إجراءات تحسين الوثوقية

الاجراءات المتعلقة برفع وثوقية التجهيزات الرقمية (الحاسبات) متعددة منها ما هو ذو طابع تقني ومنها ما هو ذو طابع برمجي. تتمثل الإجراءات البرمجية بتصميم برمجيات موثوق بها وباعتماد برمجيات خاصة بقصد الاختبار Tests لمختلف مكونات الحاسوب وهي فعالة بسرعة تحديد مكان الخطأ، ولكن الاعتماد على البرمجيات فقط لا يفي بالغرض المطلوب، لانتهاء دورها بتعطل الجانب التقني للحاسوب. وبخصوص الإجراءات التقنية (المكلفة) فتتمثل بشكل أساسي باختيار عناصر بوثوقية عالية في أثناء التصميم واعتماد بعض طرائق التكرار لتجنب أثر تعطل بعض المكونات المهمة (ولاسيَّما مكونات النواة الأساسية للحاسوب). ومن ثَمَّ لتحسين الوثوقية لابدَّ من اعتماد الإجراءين معاً [10].

3-3-1 الإجراءات البرمجية– التشخيص المباشر On-Line Diagnostic للأعطال

يوجد مع كل حاسوب دعم برمجي خاص بالوثوقية يتمثل بوجود برامج اختبار مختلفة لمعظم مكونات الحاسوب، تستخدم عند كل تشغيل للحاسوب وتعدُّ هذه البرامج جزءاً من برمجيات الحاسوب الأساسية ويتفاوت نوعها وحجمها بين حاسوب وآخر، وهي تسهم [إلى حد ما] بالكشف عن الأخطاء بشكل ينعكس إيجاباً على رفع جاهزية الحاسوب. لكن بعد إقلاع الحاسب والمباشرة بالعمل عليه يتوقف عمل معظم برامج الاختبار، وقد يعمل بعضها بمدد زمنية عشوائية بحسب الطلب. وتجنبا لأي أثر سلبي لأي عطل

يحدث بشكل مفاجئ في أثناء عمل الحاسوب ولاسيَّما إن كان الحاسوب مخصصاً لقيادة جمل أخرى، نعتمد التشخيص المباشر للأعطال بمددٍ زمنية منتظمة (يمكن تقصيرها أو تطويلها بحسب الطلب، وبحسب حالة التطبيق قيد المعالجة). المهمة الأساسية للتشخيص المباشر هو التقاط أي خطأ خلال تنفيذ البرامج وتحديد مكانه لإزالته قبل ظهور أي أثر سلبي له على عمل المنظومة المقادة. يمكن إضافة برامج الاختبار المباشر إلى برمجيات الحاسوب الأساسية، ولكن هذه البرامج وغيرها من برامج الاختبار الأخرى تفقد دورها عند أي عطل مفاجئ للحاسوب، لذلك لابدَّ من اعتماد إجراء تقني إضافي وفق ما هو مبيَّن بالفقرة التالية لتشغيل هذه البرامج حتى في حال وجود عطل بالحاسوب. يمكن من البرمجيات المعروفة على صعيد الاختبار اعتماد أي منها لتكون برامج مناسبة للتشخيص المباشر أو تطوير برمجيات قصيرة وسريعة بشكل لا يؤثر في فعالية الحاسوب، كما يمكن اعتماد اختبارات لكل مكون من مكونات الحاسوب. وبالنظر إلى أنَّ الذواكر بشكل عام هي أكثر أجزاء الحاسوب عرضة للتعطل[4]، نكتفي بالحل المقترح الإشارة إلى جزء من برنامج اختبار مباشر للذاكرة قصير وسريع يعتمد على تقسيم الذاكرة إلى صفحات (كل منها بطول4KB)، واختبار كل صفحة على حدة وبالتتالي من أول عنوان في الذاكرة وحتى آخر عنوان بنسخ قيمة ثنائية مثل 55H = $(0101\ 0101)_2$ بكل موضع من مواضع الصفحة بالذاكرة بلغة الاسمبلي:

```
MOV CX، FFFH   ;For Counter
MOV BX, First Address in page
MOV AL, 55H
xx:   MOV [BX], AL
INC BX
DEC CX
JNZ  xx
```

بعد ذلك نعاود قراءة الصفحة ببعض التعليمات المماثلة ونقارن. ثم نعاود وننسخ بكل موضع من مواضع الصفحة القيمة المتممة للقيمة السابقة، أي AAH =(1010 $(1010)_2$ ونعاود قراءتها ونقارن وبهذا الشكل يتم اختبار كل خلية من خلايا الصفحة الذي يكشف الأخطاء على مستوى الخلية من نوع 1،0. بالطبع في أثناء اختبار صفحة ما لابدَّ في البداية من نقل محتواها إلى صفحة مختبرة وبعد الانتهاء من اختبار الصفحة يمكن إعادة محتواها الأصلي. يلزم في مثل هذا البرنامج أيضاً استخدام عداد آخر لعّد الصفحات ليتم اختبار كامل الذاكرة. لم يتم عرض مخططات التدفق Flow charts لهذا الجزء من برامج اختبار الذاكرة لكبر الحجم الذي يحتاجه المخطط وغيره من المخططات الأخرى لكل كتلة من كتل الحاسوب بما لا يتناسب مع الحجم المسموح به للمقالة من طرف، وأن البرنامج المبين هو عينة (اختبار بسيط) لا تعكس إمكانيات توسيع هذه البرامج وتطويرها حسب الطلب من جهة أخرى.

بالعودة إلى مفهوم الصيانة وبالانطلاق من أنَّها تمثل الذراع الأطول للوثوقية لأثرها في رفع الجاهزية بتقصير قيمة MTTR، يمكن بحساب Mean Time Between Failure(MTBF) بعد تحديد قيمة λ لكل عنصر على حدة [8]، رفع الجاهزية a: a = MTBF/(MTBF + MTTR) وهنا نشير إلى أثر استخدام التشخيص المباشر على سرعة إعادة الجملة للعمل W بعد تحديد العنصر المعطل وإزالة الأثر المترتب على ذلك بتقصير المجالات الزمنية التي تدخل في حساب قيمة W:

TL : مدة استغراق الاختبار.

TD: المجال الزمني بين العطل والاختبار التالي.

TR: مدة استغراق الإصلاح.

TA : تمثل الزمن بين الإعادة للعمل والفعالية.

أي: W = TA + TR + TL + TD

يسهم التشخيص المباشر للأعطال في تقصير الزمنW بمقدار مرتبة زمنية واحدة على الأقل من دقائق إلى ثوانٍ، مقابل سلبية أساسية تتمثل بتخفيض إنتاجية الحاسوب (غير المهمة بقيادة المسارات Process ذات الاستجابة الطويلة نسبياً).

3-3-2 الإجراءات التقنية– تصميم نموذج تشخيص Diagnostic Model

لتشغيل برمجيات التشخيص وغيرها من البرامج الأخرى في حال التعطل المفاجئ للحاسوب لابدَّ من اعتماد إجراءات تقنية إضافية تسمح بتشغيل هذه البرمجيات. تمثل الحل المقترح لهذا الموضوع بإضافة نموذج تقني للحاسوب (مغاير لمفهوم التكرار) صمم على شكل مكير وكومبيوتر من كرت واحد يربط بالحاسوب الأساسي عن طريق البوابات، بحيث يصبح بالمنظومة الحاسوبية المخصصة لأعمال المراقبة والتحكم للمنظومة المقادة معالجين، الأول: في نموذج التشخيص، وهو السيد Master. والثاني: في الحاسوب الشخصي، وهو المقاد Slave. على أن يعمل باستخدام منطق تحكمي إضافي بلحظة واحدة أحد المعالجين فقط.

وبالنظر إلى أنَّ نموذج التشخيص مخصص بشكل أساسي لمراقبة عمل الحاسوب الشخصي نفسه لا يطلب إليه إجراء أعمال إدارية، محاسبية، أو ألعاب للتسلية ويكفيه برنامج قيادي لتشغيله (وليس نظام تشغيل OS بما يلزمه من سعات كبيرة للتخزين) وتوجيهه لتنفيذ التطبيقات المخصصة له. كما يكفيه من الناحية التقنية بعض الدارات الأساسية مثل:

– ذواكر EPROMs لتخزين البرنامج القيادي لنموذج التشخيص، وبعض البرامج الخاصة بعمل النموذج للتشخيص والمراقبة.

– بعض المسجلات للدخل (اثنان على الأقل) تحت تصرف معالج النموذج للقراءة فقط.

– مسجل للكتابة على الباص الرئيسية للحاسوب.

وآخر للقراءة منها (يستخدمان لنقل المعطيات من نموذج التشخيص إلى الباص الرئيسية وبالعكس).– بوابات دخل/خرج مبرمجة ومؤقت أو عداد زمني Timer/Counter لتشغيل التشخيص المباشر.– منطق لفصل معالج الحاسوب الشخصي يقومبتوليد إشارة تحكم تربط بـ Reset معالج الحاسوب

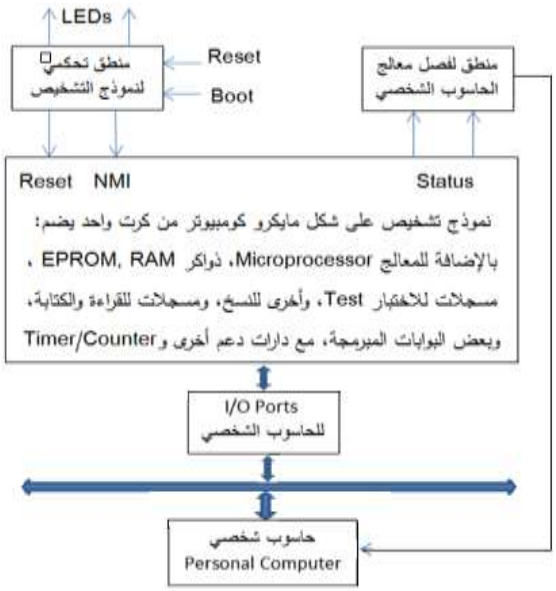
ليأخذ النموذج عملية القيادة حسب الحاجة.

– منطق لقيادة عمل النموذج يحتوي على كبستين: الأولى Reset: لتقوم بتصفير النموذج والحاسوب.

والثانيةBoot: وتربط بمأخذ المقاطعة غير المقنعة NMI (Non-Mask able Interrupt) لإطلاق عمل النموذج بحسب الطلب.

يمكن على كرت النموذج إضافة بعض المؤشرات الضوئية LEDs التي تساعد في تحديد مكان العطل. يستطيع نموذج التشخيص بهذه التركيبة الوصول إلى مختلف مكونات الحاسوب لاختبارها وتحديد مكان العطل، ورفع جاهزية الحاسوب المستخدم بعملية القيادة بتقصير مدة العطالة المرتبطة بزمن إيجاد الأخطاء الممكنة وإزالتها بالسرعة القصوى، يضاف إلى ذلك قدرة النموذج على أخذ عملية القيادة عند كل تعطل للحاسوب لتكملة المسار قيد التنفيذ إلى نهايته بشكل سليم، ريثما تتم عملية إزالة العطل وعودة الحاسوب للعمل بشكل طبيعي. يبين الشكل1، المخطط الصندوقي لنموذج التشخيص المقترح وآلية ربطه بالحاسوب كإجراء تقني لتنفيذ إجراءات الدعم البرمجي، إذْ إنَّ التصميم (باختيار العناصر المكونة له بوثوقية عالية) يأتي بدرجة مقبولة من الوثوقية وفق ما تظهره الحسابات اللاحقة لهذه الإجراءات، ليحقق الأهداف المرجوة منه مقابل تكاليف قليلة مقارنة بالتكاليف المترتبة على الحلول التي تتضمن مبدأ

التكرار بزيادة الوثوقية.



شكل(1) المخطط الصندوقي لربط نموذج التشخيص بالحاسوب الشخصي

يربط نموذج التشخيص من الناحية التقنية بباص الحاسوب الأساسي عبر البوابات Ports لتجاوز المسائل المتعلقة بالأنظمة متعددة المعالجات Multiprocessor Systems وتعطل النموذج بتعطل الحاسوب، إذْ إنَّ الحل المقترح يوفر امكانية استخدام النموذج مع أي حاسوب؛ وذلك بربطه كأي بطاقة أخرى. وبوجود البوابات المبرمجة بنموذج التشخيص يستطيع النموذج توليد بعض الإشارات القيادية والتخاطب مع كامل المجال العنوني (Address Bus) ونواقل المعطيات (Data Bus) للحاسوب عن طريق مسجلات للقراءة والكتابة. ومن الناحية البرمجية للنموذج يضاف دعم برمجي لتشغيل النموذج من طرف وتنفيذ الأعمال الإضافية الموكلة له من طرف آخر، بمعنى آخر إنَّ الدعم البرمجي للنموذج يمكن تقسيمه إلى نوعين من البرمجيات، هما:

الأول: البرمجيات الخاصة بآلية عمل النموذج

وتتضمن بشكل أساسي البرنامج القيادي (نواة لنظام التشغيل) الذي يمكن من خلاله قيادة فعالية النموذج برمجياَ، إذْ بعد وصل التغذية الكهربائية للمنظومة أو بعد ضغط الكبسة RESET تتم عملية تصفير المنظومة. وفي برمجيات التهيئةInitialization للنموذج يجري اختبار كامل كتلة النموذج، لذلك يجب في برامجالتهيئة اعتماد حلقة تأخير زمني كافية لتصفير الحاسوب، وقيام النموذج بأعماله الأساسية المتمثلة بفصل باص الحاسوب عن النموذج ببرمجة بوابات الارتباط كبوابات دخل، والمباشرة بتنفيذ عملية HALT لينقل النموذج نفسه إلى حالة الانتظار Waitبعد اختبار الذاكرة الأساسية للنموذج، ويمكن أن يشار إلى أيّ خطأ عن طريق ديودات ضوئية على لوحة Panelالنموذج. تتم عملية الاختبار لمكونات النموذج بعد كل RESET لمعالج النموذج، وفي كل مرة يقوم البرنامج بإجراء فصل الإشارات القيادية لباص الحاسوب عن كتلة النموذج.

يستدعى الجزء الفعَّال لبرنامج النموذج بالكبسة BOOT التي تؤدي إلى القفز للعنوان المقابل لـ NMI. وبعد انتهاء الجزء الفعال من البرنامج يعود من جديد إلى حالة الانتظار. أمَّا جزء الفعالية الذاتية لبرنامج النموذج فأول ما يقوم به هو تحجيب (توقيف) فعالية البرنامج مدة محددة، وبعد ذلك يتم توصيل الإشارات القيادية لباص الحاسوب حتى يصبح بالإمكان تعامل النموذج مع مكونات الحاسوب للقيام بالأعمال المطلوبة منه، إمَّا الاختبار وإمَّا إنهاء المسار قيد التنفيذ بشكل سليم عند الحاجة.

الثاني: البرمجيات الخاصة باختبار Test

الحاسوب الشخصي:

يوجد العديد من برمجيات الاختبار للمكونات الأساسية للحاسبات كبرامج اختبار للمعالج (ويفضل استخدام الاختبارات المطورة من الشركة الصانعة) وبرامج اختبار وحدة الذاكرة، وبوابات الدخل والخرج، وغيرها من البرامج المختلفة [9]،[10] .

يمكن تطوير هذه البرامج واعتمادها، فضلاً عن التشخيص المباشر الذي سبق وأشير إليها. المهم في هذا البحث أنَّه تم بالإضافة لاعتماد التشخيص المباشر للأعطال، التوصل إلى أداة لتنفيذ برمجيات الاختبار على مختلف أنواعها في حال تعطل الحاسوب نفسه. ويمكن بوجود المؤقت الزمني Timer في لوحة نموذج التشخيص اعتماد التشخيص المباشر لأي كتلة من كتل الحاسوب.

4- حساب الوثوقية:

لزيادة وثوقية أي منظومة (بما في ذلك الحاسبات) يجب لحظ ذلك من مرحلة التصميم واختيار المكونات وطريقة ربطها. لذلك موضوع تحسين أو زيادة الوثوقية بهذا البحث يقتصر على وثوقية النموذج التقني المصمم للربط بالحاسوب المستخدم في أعمال المراقبة والتحكم لمنظومات أخرى. تتطلب عملية حساب الوثوقية لأي منظومة معرفة العناصر، وقيمة أحد مؤشرات الوثوقية لكل منها. لذلك نكتفي بهذا البحث بعرض النماذج الرياضية التي تستخدم عادة في حساب وثوقية الحواسيب من خلال عرض كيفية حساب وثوقية نموذج التشخيص انطلاقاً من وجود بعض الإجراءات البرمجية والتقنية بخصوص الوثوقية في نموذج التشخيص، نشير إلى أنه عند حساب الوثوقية لم يتم لحظ

دور الإجراءات البرمجية المعتمدة، وتم الاكتفاء بالإشارة إلى حساب أثر الإجراءات التقنية، بحساب شدة الأعطال λ بوصفها أحد مؤشرات الوثوقية، وفق النماذج التي اِقْتُبِسَتْ من المعايير الأمريكية الصارمة المستخدمة في التطبيقات العسكرية، إذ يمكنحسابها بشكل كمي لكل عنصر بوحدة القياس 10^{-6} Hour/لأي منظومة بالعلاقة الآتية: $\lambda = \lambda 1 + \lambda 2$، إذْ

λ1: تمثل شدة التعطل الخدمية للعنصر (الدارة).

λ2: تمثل شدة التعطل التي تميز أثر وصل العنصر بلوحات الحاسوب (تتغير بعدد المآخذ). نماذج حساب λ1 متباينة بحسب نوعية العنصر لأنَّ شدة تعطل كل عنصر مرتبطة بشدة تعطل أساسية λb مضروبة بسلسلة من العوامل الأخرى. فمن أجل الدارات التكاملية Integrated Circuits على مختلف أنواعها يستخدم النموذج الرياضي: $\lambda 1 = K_Q.K_E.(C_1.f_T.f_{PT}.f_V.f_L + (C_2 + C_3)$ إذْ إنَّ $K_Q \in (0.5 \ ، \ 35)$: يمثل معامل الجودة

- K_E:يمثل أثر الوسط الخارجي وهوK_E =2.5 من أجل الشروط السيئة و0.38 للشروط المخبرية. – الثوابت C_1 ، C_2: تمثل شدة أعطال جزئية وهي معطاة بدرجة تعقيد الدارة، وتعطى C_i بالعلاقة:$C_i = K_{i1}.(n)^{Ki2}$ إذْ i = 1 or 2

أمَّا قيمة n فتحسب حسب نوع الدارة من العلاقتين:

n = NT : من أجل العناصر الخطية وعدد البوابات بالدارة التكاملية من رتبة SSI, … VLSI

وللذواكر: n = Bit for RAM and EPROM

– الثابتC_3 : يمثل شدة تعطل جزئية، وهي معطاة بأسلوب التغليف $C = K31.(N_P)^{K32}$ إذْ إنَّ N_P يمثل عدد الأرجل (Pins)الخارجية للقطعة. الثوابت K32, K31 تأخذ قيماً بحسب نوع التغليف.

-f_L : معامل الانطلاق (المعالجة أو العمل) في التصنيع ويتم اختياره f_L = 1من أجل الإنتاج الاستمراري و f_L = 10 للمنتجات المطروحة حديثاً

– f_T يمثل معامل أثر الحرارة في وثوقية العنصر. ويحدد وفق النموذج المركب الآتي:

$f_T = 0{,}1.\exp(-A\ (1/(T_J+273) - 1295))$

T_j : تمثل أعلى درجة حرارة عبور في الدارة خلال الخدمة وتعطى بالعلاقة": $T_J = T_C + P.R_{JC}$

إذْ T_C : تمثل درجة حرارة الغلاف

و R_{JC}:تمثل المقاومة الحرارية بين المعبر والغلاف و P : أعلى استطاعة بالواط.

– f_{PT}معامل تقنية برمجة الذواكر.

– f_V : يمثل معامل أثر التغذية الكهربائية (عادة $f_V = 1$ للتقنيات كلّها من أجل Ucc = 5V)

أمَّا النموذج الرياضي لحساب λ2الذي يعطي أثر وصل كل عنصر (دارة متكاملة) إلى المنظومة هو نفسه لكل العناصر، ويعطى بالعلاقة (النموذج) / $\lambda 2 = N_P.K_{EI}.K_b$ Hour 10^{-6} إذْ:K_b – شدة التعطل الأساسية لوصل العنصر الواحد بالجملة. ويأخذ القيم:$Kb = 2{,}6.10^{-3}$للحام اليدوي و$Kb = 2{,}5.10^{-6}$ للتوصيل بالأسلاك.

K_{EI} – أثر المحيط، $K_{EI} = 2.1$ for $K_E = 2.5$ و$K_{EI} = 1$ من أجل الشروط المخبرية.

N_P– يمثل عدد الأرجل الملحومة (بالقصدير). أمَّا بالنسبة إلى بقية العناصر التي تدخل بالتصميم فسنكتفي بالإشارة إلى نماذج العناصر المستخدمة:النموذج الخاص بأنصاف النواقل من ديودات

وترانزستورات:$\lambda 1 = K_Q.K_E.(f_A.f_C.f_{S2}.f_R).\ \lambda_b$ وأن: $\lambda b = A.[\exp[N_T/\ (273 + T + DT.S)].\exp[(273 + T + DT.S)/\ TM]^{\ P}\ ]$

وبالنسبة إلى المكثفات فإنَّ نموذج حساب شدة تعطلها:

$\lambda 1 = K_Q.K_E.(f_{CV}.f_C.f_{SR}).\ \lambda_b$: إذْ إنλb تعطى بالعلاقة (النموذج الرياضي) الآتية:

$\lambda b = A.[(S/N_S)^H + 1].\exp[B.((T + 273) / (T_{max} + 273))^{\ C}\ ] / 10^{-6}$ Hour

واخيرا بالنسبة إلى العناصر الأخرى غير النشيطة فإنَّ لكل منها نموذجاً خاصاً لحساب شدة تعطلها، فمثلاَ:

بالنسبة إلى المقاومات تحسب شدة التعطل بالنموذج الآتي: $\lambda 1 = K_Q.K_E.(f_R).\ \lambda_b / 10^{-6}$ Hour ومن أجل المفاتيح Keys يستخدم النموذج $\lambda 1 = K_E.(f_{CYC}.f_C.f_L).\ \lambda_b / 10^{-6}$ Hour

نبـيّن فـي الجـدول1، قـيم λ1 و λ2 و λلأهـم العناصـر الداخلـة فـي تركيبـة الحواسـيب التـي يمكـن منهـا حسـاب وثوقيـة مكونـات أي كـرت حاسـوبي.إنَّ اختيـار عناصـر بوثوقيـة عاليـة ووصـلها مـع بعضـها بتصـميم بسـيط لكـرت مثل نموذج التشخيص يزيد من درجة الوثوقية مرتبة واحدة على الأقل، ولم يتم ترقيم ذلك، لأنَّ الغاية لم تكن حساب درجة الوثوقية وإنَّما عرض لكيفية حسابها عند الطلب. بعد تحديد شدة تعطل كل عنصر على حدة كمؤشر للوثوقية، يجب لحساب الوثوقية، تحديد نموذج التوصيل المعتمد، إذْ يوجد نموذجان أساسيان هما النمـوذج التسلسـلي: وفيـه تكـون مكونـات الـربط مختلفـة وجميعها ضرورية للعمل، ونموذج الحساب [8]: $R_S(t) = \prod R_i(t)$ for I = 1 to n أي حتى يعمل كرت مثل نمـوذج التشـخيص بشـكل سـليم يجـب أن تعمـل العناصـر المكونـة لـه كلَّها بشـكل صـحيح. النمـوذج التفرعـي: وتكـون فيـه مكونـات الـربط عـادة متماثلـة، بمعنـى أنَّ أحـدها هـو تكرار Redundant بالتالي يكفي أن يعمل أحد المكونات بشكل سليم ونعّبر عن ذلك:

$$R_p(t)=\prod_{i=1}^{n}(1-Ri(t))$$

من هنا بعض الأنظمـة قد تحتوي مزيجاً من النموذجين، ويجب لحظ ذلك عند حساب الوثوقية.

الجدول1: قيم λ1 و λ2 و λ للعنصر الواحد من العناصر المستخدمة في تصميم نموذج التشخيص

Component	λ1	λ2	λ
16 bit Microprocessor	2.43783	0.21840	2.65623
4 KB EPROM (BM2732A)	3.68451	0.13104	3.81555
8 KB RAM (HM6264LP)	3.84268	0.15288	3.99556
Programmable Port(8251)	3.53322	0.21840	3.75162
3x8 Decoder (MH3205)	0.37192	0.17360	0.54552
8 bit Register (PD8282C)	060271	0.10920	0.71191
8 bit Buffer (74LS244)	0.45940	0.10920	0.56860
Logic gates, SSI, 74LS..	0.26000	0.07644	0.33644
NPN Transistor	0.02352	0.01638	0.03990
Ceramic Capacitor	0.01120	0.01092	0.02212
Resistor	0.02610	0.01092	0.03702
Connector with >= 28pins	0.04566	0.15288	0.19854
Crystal	0.20000	0.01092	0.21092

5- النتائج Results:

يمكن إيجاز النتائج التي تم التوصل إليها بالآتي:

1- تطـوير خوارزميـة للتشـخيص المباشـر للأعطـال فـي الحاسوب واعتمادها لتحديد مكان حدوثها بسرعة.

2- تصميم نموذج تشخيص لتنفيذ خوارزمية التشخيص المباشر وغيرها من البرمجيات في حال العمل أو التعطل المفاجئ للحاسوب، يعمل على:

- مراقبة الحاسوب بمنظومة المراقبة والتحكم قبل الإطلاق التي تسير سيراً آلياً بعد وصل التغذية.
- إجـراء تشـخيص لمكونـات الحاسـوب الشخصـي كلَّهـا بالاختبار المتقن لكتل نواة الحاسوب وتحديد مكان العطل على مستوى الدارة التكاملية.
- محاكـاة تصـرف معـالج الحاسـوب خـلال تعطلـه بشـكل مبسط، بحيث إن معالج النموذج يستطيع أخذ القيادة وتنفيذ أهم وظائف الحاسوب بشكل أبطأ.

3- عرض إجمالي للنماذج الرياضية المناسبة لحساب شدة التعطل لمكونات الحاسوب الأساسية.

مناقشة النتائج:

إن استخدام التشخيص المباشر للأعطال خلال مددٍ زمنية محـددة غيـر مرتبطـة بـالتطبيق، يسـهم بكشـف العطـل قبـل ظهور أثره. وهذا يساعد بدوره باتخاذ الإجراء المناسب في حـال حـدوث العطـل، وإزالتـه بسـرعة بعـد تحديـده بشـكل يـنعكس علـى تخفيض زمـن إعـادة المنظومـة المقـادة إلـى حالـة القـدرة علـى العمـل بمرتبـة واحـدة علـى الأقـل، ورفـع جاهزية المنظومة.

الخلاصة Summary:

مـع الـدور الواضـح لخوارزميـة التشـخيص المباشـر برفـع الجاهزيـة ولنمـوذج التشـخيص المسـتخدم لتنفيـذ خوارزميـة التشـخيص وغيرهـا مـن البرمجيـات المتعلقـة بتحسـين الوثوقية، لم تظهر من سياق الشرح نتائج هذا الأثر بشكل رقمـي محـدد لعـدم وجـود خوارزميـات لترقيم دور مثل هـذه الإجراءات المتبعـة التـي قـد تكـون منحـى لبحـوث مستقبلية للموضوع.

References المراجع

[1] Hongyan Dui: Reliability Optimization of Automatic Control Systems, Based on Importance Measures, International Journal of Performability Engineering, Vol. 12, No. 3, May 2016, Totem Publisher

[2]JianBao ·Huifeng Wu ·Yimajian Yan
A fault diagnosis system-PLC design for system reliability improvement, Springer-Verlag London 2014

[3] AntimaSaxena , TanujManglani
Enhancing Computer System Reliability Using Fault Tree Analysis, International Journal of Recent Research and Review, Vol.VI, June 2013

[4] S. Chandra Das: Management control systems: Principles& and Practices, New Delhi, 2011.

[5] DHILLON, B.S. Computer System Reliability: Safety and Usability, CRC,2013

[6] Andrew K.S., Albert H.C. Tsang " Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory an Applications, CRC press, 2017

[7]Yinglin Wang, Tianrui Li, Knowledge Engineering and Management, Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering, China, Dec 2011

[8] Ahmed Ali Baig, RiszaRuzli, and Azizul B. Buang, Reliability Analysis Using Fault Tree Analysis: A Review, International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 4, No. 3, June 2013

[9] AasiaQuyoum, Mehraj – Ud - Din Dar, S. M. K. Quadri, Improving Software Reliability using Software Engineering Approach- A Review, International Journal of Computer Applications ,Volume 10– No.5, November 2010

[10] Dalila Amara, Latifa Ben ArfaRabai, Towards a New Framework of Software Reliability Measurement Based on Software Metrics, Procedia Computer Science, Volume 109, 2017

Received	2018/10/16	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2018/11/28	قبول البحث للنشر