# دراسة عوامل تلف الأوراق النقدية باستخدام جهاز محاكاة دورة التداول
# (دراسة حالة علي فئة الخمسة جنيهات)

# A Study on Banknote Paper Deterioration Factors by Circulation Simulator Method
# (A case study on the 5 Egyptian banknotes)

**أ.د / محمود يسري أحمد**
أستاذ تكنولوجيا الطباعة المتفرغ - بقسم الطباعة والنشر والتغليف - كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان.
**أ.د / جورج نوبار سيمونيان**
أستاذ تكنولوجيا الطباعة الرقمية - بقسم الطباعة والنشر والتغليف - كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان.
**م / عمرو احمد شحاتة**
مصمم – دار طباعة النقد - البنك المركزي المصري.

**ملخص البحث Abstract:**
تم تحليل عوامل تلف ورق البنكنوت في دورة التداول والعومل التي تسبب ذلك لتحديد العناصر الأساسية التي تؤدي إلى تلف ورق البنكنوت في دورة التداول الفعلية وكذلك للتحقق من العوامل التي من الممكن محاكاتها عند محاكاة دورة التداول. والعوامل التي ينبغي وضعها في الاعتبار عند محاكاة التداول هي التأثيرات النظامية الميكانيكية والكيميائية على ورق البنكنوت.
تم استخدام منهج محاكاة التداول المتطور لتقييم ورق بنكنوت جمهورية مصر العربية (فئة الخمسة جنيهات الفئة الأكثر تداولا في سوق التداول المصري) وللحصول على عينات تالفة صناعيًا من ورق البنكنوت بحيث تكون خواصها البصرية، والتغير في الوزن، ضمن حدود تغيرات ورق البنكنوت المقابل في دورة التداول الفعلية.
ويتألف هذا المنهج الذي تم تصميمه من عدد من التلفيات الميكانيكية المتعددة التي يتم إدخالها على ورق البنكنوت الخاضع للاختبار من خلال تدويرهم بالطرد المركزي داخل حاوية مغلقة تحتوي على عنصر الإتلاف وذلك في وجود مزيج يسبب الاتساخ. ومن الممكن الاستعانة بالمنهج المقترح لتحديد مدى تحمل المواد ولتطوير العمليات الصناعية في إنتاج ورق البنكنوت. حيث تمت محاكاة التأثير الميكانيكي على أوراق البنكنوت من خلال الملامسة المتكررة مع العامل الذي يسبب التلف داخل حاوية مغلقة، بحيث تلف أوراق البنكنوت حول محور الحاوية. ومن خلال هذا النوع من معالجة أوراق البنكنوت، حصلنا على أنواع متعددة من التلف الكيميائي، مثل الاحتكاك، واللف، والطي، والتمزق، والكرمشة، والتكسير، والثقب أو وجود علامة، والثني. ولقد تم تعزيز محاكاة اللف، والثني، والتقطيع بسبب القوة المركزية الطاردة التي تحدث أثناء اللف من خلال وضع أشرطة تخشين ذات تحميل مضاف على الجوانب الأقصر من أوراق البنكنوت. وتمكننا من خلال النتائج الوصول لتحليل عميق لعمليات تلف أوراق البنكنوت في التداول والعوامل المسببة له والتعرف على العوامل الأساسية في هذه العمليات وتحديد العوامل التي من الممكن محاكاتها من خلال التلف الاصطناعي. وتتضمن العوامل التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند محاكاة التلف تلك العوامل التي يكون لها تأثير نظامي. وفي أقتناء محاكاة دورة التداول، ينبغي التحقق من التأثير التتابعي للعوامل المختلفة على أوراق البنكنوت، وخاصة العوامل الميكانيكية والكيميائية. كما تشير البيانات والنتائج التي توصلنا إليها خاصة بختبار تغير الوزن أن الوزن يزداد كلما زادت حالة التدهور للعملة، ويتم تحليل هذه الزيادة في الوزن نتيجة زيادة الملوثات التي تكون علي سطح العملات الاكثر تدهورا، كما تشير البيانات الخاصة بتدهور الخواص البصرية (التغير في درجة النصوع – التغير في الدرجة اللونية) بأن لون ورقة البنكنوت في مرحلة التدهور البصري هو اللون الأصفر / البني. وينتج تغير لون ورقة البنكنوت عن عمليتين ألا وهما: تأكسد ألياف السليولوز والتقادم الطبيعي لطبقة الدهون والشحوم الموجودة. ويعني تأكسد السليولوز تكون ألياف السليولوز المتأكسدة. ومثل هذا التأكسد يؤدي إلى زيادة في المجموعات التي تحتوي على الأوكسجين مثل أحماض الكربونيل والكربوكسيل. وتتسبب ألياف السليولوز المتأكسدة عادة في وجود تأثير مصفر على الورق

**كلمات دالة Keywords:**
**عوامل التلف**
**Deterioration factors**
**محاكاة التداول**
**Simulated circulation**
**طريقة محاكاة التداول**
**Circulation simulator method**
**تحملية أوراق النقد**
**Banknote durability**
**إتساخ الأوراق النقدية**
**Banknote soiling**

**Paper received 11th February 2017, accepted 24th March 2017 , published 1st of April 2017**

## مقدمة Introduction :

ما من شك في كون تعزيز تحمل ورق البنكنوت لهو من المواضيع المحورية والأساسية لدى البنوك المركزية على مدى زمن طويل (مارينكوفيك وآخرون 2011، موير ومارتن 2011). ولذلك تجري العديد من الدول الأبحاث التي تهدف إلى التعرف على أسباب وآثار التلف (جوزبرويك وآخرون 2011، بالك 2011، بويتلار 2008).

بيد أن تلك العوامل التي تسبب تلف ورق البنكنوت لم تخضع قط للتحليل النظامي. ويزعم أن ذلك هو ما يصعب دراسة خواص دروة تداول ورق البنكنوت. وعلى وجه خاص، قد يكون من المستحيل تحقيق التلف المناسب في سمات ورق البنكنوت إبان محاكاة عملية التلف من دون دراسة تحليلية وتفصيلية لعوامل تلف وتدهور ورق البنكنوت.

ومن الممكن الحصول على عينات من ورق البنكنوت التالف بطريقتين: إما من خلال فحص عينات ورق البنكنوت الموجودة في دورة التداول الفعلية (بويتلار 2008)، أو عن طريق محاكاة دورة التداول (بارتز وكرين 2006، بالك 2009). والواقع أن اختبارات الاتساخ الصناعية تم استخدامها على نطاق واسع في تخطيط إنتاج ورق البنكنوت على مدار العقدين الماضيين. ولكن أثيرعلى هذا الصعيد الأداء الضعيف للتلف الصناعي باعتباره أداة تنبؤية بالتلف الفعلي. وبالتالي، قد تؤدي محاكاة دورة التداول إلى الحصول على نتائج قد تتنافى مع تلك البيانات التي يتم الحصول عليها من دورة التداول الفعلية.

فعند محاكاة دورة التداول، يتم تطبيق ما يطلق عليه اسم محاكيات دورة التداول. وهي أجهزة تعمل على محاكاة التأثيرات الميكانيكية والكيميائية على ورق البنكنوت والتي يمكن الاعتماد عليها إلى حد ما. تم تطبيق هذا المنهج على الأبحاث التي تهدف إلى تعزيز تحمل أوراق البنكنوت (براتز وكرين 2006). ولقد أتاح محاكاة دورة التداول في وجود مزيج الاتساخ (ولكن من دون عرق صناعي) الحصول على أوراق بنكنوت تالفة ذات خواص متدهورة إلى حد كبير (من حيث نفاذية الهواء، والطيات المزدوجة، والصلابة، والتغير في بهاء (نصوع) اللون، والزيادة في الوزن). ولكن للأسف، لم ترد أي معلومات حول العلاقة ما بين النتائج التي يتم

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الحصول عليها من أدوات المحاكاة وبين دورة التداول في الحياة الفعلية. حيث كانت بعض البيانات غير مفهومة. مثال التغير في نصوع اللون كان حوالي 65%).

**مشكلة البحث Research problem:**

أجريت محاولة مثيرة للاهتمام للتعرف على عوامل تلف ورق البنكنوت في دورة الحياة الفعلية بموجب التأثيرات المختلفة (الميكانيكية، والكيميائية، والحرارية، والزمنية)، وهو ما أتاح التحقق من مجموعات العلاج وطرق المحاكاة (التجعيد، والترطيب، والدعك، والمزج، والتسخين، والفرد). ولكن للأسف لم تكن العلاجات متكاملة. حيث أجريت خطوة بخطوة تارة يدويًا، وتارة أوتوماتيكيًا باستخدام معدات IGT.

وجاءت العلاقة ما بين النتائج التي تم الحصول عليها في هذه المجموعة من العلاجات وما بين دورة التداول الفعلي مذهلة، ولكن للأسف تم عرض ذلك في ضوء الانخفاض في حدة الانعكاس فقط. ولم ترد أية معلومات عن غيرها من السمات الهامة، مثل نفاذية الهواء، والطيات المزدوجة، والصلابة، وزيادة الوزن، الخ.

وهناك طريقة أخرى لمحاكاة دورة التداول وتتمثل في إشراك العاملين وجعلهم يلامسون أوراق البنكنوت الخاضعة للاختبارات على فترات منتظمة. ويجوز اعتبار الأشخاص هم أهم العوامل في التأثير على أوراق البنكنوت. وعلى الرغم من ذلك، فإنه إبان التداول الفعلي للبنكنوت، فإنها تتعرض لملامسة عدد أكبر من الأشخاص أكثر من موظفي البنك المشاركين في الدراسة.

وبالتالي، فقد كان لكافة المقاربات التي تم تطبيقها للحصول على عينة من أوراق البنكنوت التالفة بعض المساوئ. ومن ثم، فإن موضوع العلاقة ما بين المحاكاة وظروف التداول الفعلي في هذه المقاربة لم تتم تسويتها بعد.

**هدف البحث Research objective:**

إن الهدف من هذا البحث هو دراسة التغيرات التي تطرأ على جودة أوراق البنكنوت في دورة التداول الفعلية حيث أنه السبيل الوحيد للحصول على النتائج الفعالة لتشكيل الآراء حول تحمل أوراق البنوك، وتوزيع أوراق البنكنوت حسب جودتها في الموارد النقدية، والعلاقة ما بين معالجة أوراق البنكنوت في أدوات محاكاة التداول والظروف الفعلية التي تتعرض لها البنكنوت في التداول الفعلية خلال مدة زمنية معينة.

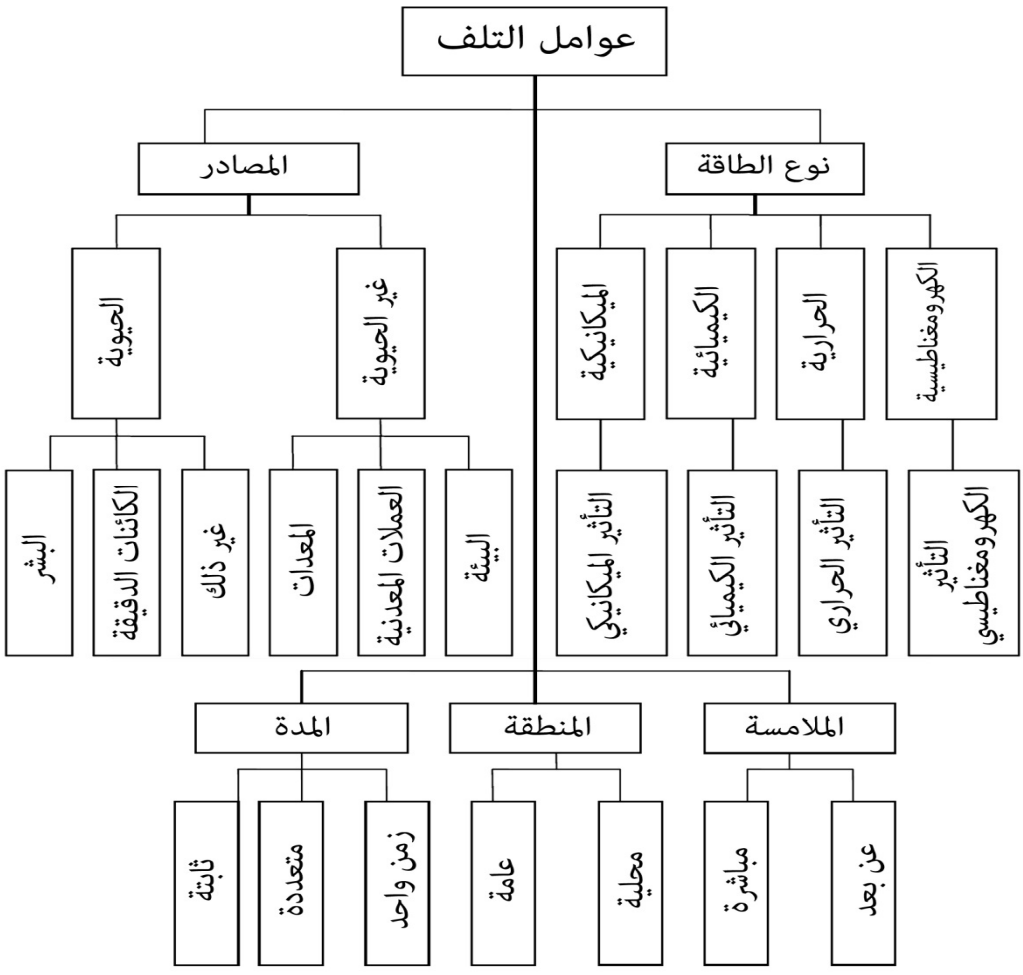
ولكن حيث أن دورة حياة ورق البنكنوت في دورة التداول الفعلية قد تكون طويلة للغاية، فإن محاكاة التداول قد تكون هي الطريقة الممكنة الوحيدة عند اتخاذ القرار فيما يتعلق بتعزيز العمليات التقنية أو استخدام المواد الجديدة (الأحبار، الطلاءات، وغير ذلك من المكونات الأساسية المستخدمة في صناعة أوراق البنكنوت) وذلك لتحقيق التحمل اللازم.

وبناء عليه، يصبح من المهم بمكان تطوير مناهج المحاكاة فيما يتعلق بتلف أوراق البنكنوت التي تكون أقرب ما يكون لحدود أوراق البنكنوت الموجودة في دورة التداول الفعلية. ولعل الهدف الأساسي من هذا العمل يتمثل في تقييم كافة عوامل تلف أوراق البنكنوت ومحاكاتها.

**الإطار النظري للبحث Theoretical Framework:**

**أولا: عوامل تلف أوراق البنكنوت :**

هناك العديد من العوامل المختلفة التي تؤثر على أوراق البنكنوت في تجربة دورة التداول، والتي تسبب التلف، بطريقة أو بأخرى. وهذه العوامل تختلف في المدة، والمنطقة، ومصادر التأثير ونوع الطاقة. ومن المهم كذلك التعرف على إذا ما كانت تلامس ورقة البنكنوت أم لا.




**الشكل رقم (1) رسم تخطيطي يوضح تصنيف عوامل تلف أوراق البنكنوت**

**ثانيا: مصادر التأثير على أوراق البنكنوت :**

قد تكون المصادر المؤثرة على تلف أوراق البنكنوت حيوية أو غير حيوية، حيث يمثل البشر المجموعة الأكبر من المصادر الحيوية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذا المصدر هو من أهم المصادر تأثيرًا على أوراق البنكنوت. فكما ذكر العديد من الباحثين، (جوزبرويك وآخرون 2011، بويتلار 2008)، فإن من أهم العوامل التي تؤدي إلى اتساخ أوراق البنكنوت هو ملامسة الأصابع، وهو ما يترك البصمات التي تتراكم مع مرور الزمن وتشكل طبقة صفراء – بنية من الدهون القديمة.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن أوراق البنكنوت، كغيرها من سائر المواد المطبوعة عالية التحمل، تتأثر بالكائنات الدقيقة، وخاصة الفطريات، والتي تنمو على الأساس الورقي لأوراق البنكنوت، وتنتج العديد من الأحماض العضوية التي تؤدي إلى بهتان الصورة على أوراق النبكنوت، وإلى التصبغ، وإلى تغيرات في التركيب الكيميائي وفي هيكل الورق (بويتلار 2002، بارتز وكرين 2006).

وعلى الرغم من ذلك، وفي ضوء قصر دورة حياة أوراق البنكنوت، والتي يقدر بعض الباحثين (مارينكوفيك وآخرون 2011، كيريتشوك وآخرون 2013) أنها قد لا تزيد على ثلاثة سنوات، وهي أقل كثيرًا من مدة تخزين طبعات الأوراق في المكتبات والأرشيفات، فقد يفترض المرء أن هذا العامل قد لا يكون بتلك الأهمية. وحقيقة أن أوراق البنكنوت في خلال دورة حياتها تتعرض للاستخدام المكثف، مع العديد من الملوثات العضوية الموجودة على السطح (بالك 2009، بويتلار 2008)، هذا إلى جانب الكائنات الدقيقة الإضافية التي قد تنمو على أوراق البنكنوت أثناء دورة التداول، هو ما يعزز إلى حد كبير التأثير المحتمل للعوامل الحيوية.

وفي أثناء دورة التداول، تؤثر المصادر غير الحيوية على أوراق البنكنوت كذلك. وتتضمن المصادر غير الحيوية الأساسية معدات التصنيف، وماكينات النقد، وبوجه خاص العملات المعدنية، والتي تتلامس بشكل طبيعي مع أوراق البنكنوت عند التعامل بها. وبالإضافة إلى ذلك، تتعرض أوراق البنكنوت إلى التأثيرات البيئية بكافة أشكالها.

**ثالثا: مدة وتموضع التأثير :**

عند النظر في مدة تأثير عوامل التلف على أوراق البنكنوت، قد نرى أن هذه العوامل قد تعمل إما بشكل دائم على مدار دورة حياة أوراق البنكنوت الموجودة في التداول أو على نحو مؤقت، وهذا التعرض قد يكون لمرة واحدة أو عدة مرات.

أما بالنسبة لمنطقة التأثير، فهذه العوامل قد يكون لها تأثير عام أو محلي على أوراق البنكنوت وهي تسبب التلف العام والاتساخ، ويتمثل التلف المحلي في التأثير الذي يحدث على التكامل الهيكلي لأورق البنكنوت، والبقع المحلية.

**رابعا: أنواع الطاقة المعمول بها :**

بالنسبة لأنواع الطاقة التي تتعرض لها أوراق البنكنوت، يمكن تقسيم عوامل التلف إلى ميكانيكية، وكيميائية، وحرارية، وكهرومغناطيسية. وكل هذه الآليات تعمل معًا لتعزيز أثر بعضها البعض.

وعلى هذا الصعيد، يشير بالك (2009) إلى أن الآليات التالية تؤثر على تلف أوراق البنكنوت: العوامل الميكانيكية، والكيميائية، والحرارية، وتقدم العمر. وعلى الرغم من ذلك، فإن ضم تقدم العمر إلى قائمة آليات التلف قد لا يكون مهمًا بالدرجة الأولى، حيث أن تقدم عمر الورق والمطبوعات يأتي نتيجة التأثير المجمع لعدة آليات، وفي مقدمتها التأثير الحراري إلى جانب امتصاص أو لفظ الماء (أي التأثير الفيزيائي – الكيميائي).

وبالإضافة إلى ذلك، فقد كشفت سلسلة من الدراسات (فيلزر وآخرون 1989، وبيترز 2000، أريا وتشيرادام 2011)، عن تأثر أوراق البنكنوت بالتلف التأكسدي لألياف السليولوز، بوجه عام، أو في أماكن معينة، ويتسارع ذلك الأثر نتيجة الضوء، أي التدخل الكهرومغناطيسي. وبالتالي، يمكن اعتبار تقدم العمر هو عامل ثانوي يحدث نتيجة التأثيرات الكيميائية، والحرارية، والكهرومغناطيسية ويتم تعزيزه بالعوامل الميكانيكية.

**1- التأثير الميكانيكي :**

تتعرض أوراق البنكنوت أثناء دور التداول إلى العديد من التأثيرات الميكانيكية ذات الأصول المختلفة (الشكل 2): ومنها الثني، والتجعيد، واللف، والاحتكاك، والتمزق، والخربشة، والكرمشة، والطي، والثقب، وما إلى ذلك. ونتيجة لهذه التأثيرات، تقل صلابة أوراق البنكنوت، كما يتدهور تماسكها الهيكلي نتيجة التلف الذي تتعرض له أليافها، حتى أن بعض من هذه الألياف قد ينفصل عن السطح (بالك 2009).

وهو ما يؤدي بدوره إلى التلف العام في أوراق البنكنوت، وهو ما يتجلى في زيادة مسامية الورق وخشونته، وفقدان الصلابة (بارتز وكرين 2006، بالك 2009)، هذا إلى جانب انتهاك تماسك تركيبة ورق البنكنوت بوجه عام. ويتضمن هذا الانتهاك إحداث التمزق، والثقوب، والشقوق، والطيات، والكرمشة، وطي الحروف، والتغيير في الإطار الخارجي للورقة، والتمزق من الحافة. والزيادة في التلف العام للورق يزيد كذلك من مقاومة أوراق البنكنوت للتأثير الميكانيكية والتأثيرات الأخرى.

**2- التأثير الكيميائي :**

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على تلف أوراق البنكنوت هو التأثير الكيميائي، وهو ما يعني لأغراض هذه الدراسة كافة العمليات التي تحدث في أوراق البنكنوت نتيجة تعرضها للمواد الكيميائية (العضوية وغير العضوية) وكذلك العمليات الضوئية الكيميائية.

ففي أثناء دورة التداول، تلامس أوراق البنكنوت المواد العضوية الغازية، والسائلة والصلبة، وكذلك المواد غير العضوية، والتي قد تخترق كتلة مادة الورق أو قد تشكل طبقة على السطح. وقد تتألف بصمات الأصابع من المواد التي تفرز بشكل طبيعي، مثل العرق (99% ماء و1% مواد صلبة)، والدهون، والمواد الخارجية التي تعلق بالأيدي. ومع مرور الوقت، تؤدي حبات العرق إلى تقليل الحجم حيث تتبخر المكونات الأكثر تطايرًا. وبعد عدة أيام، تصبح بصمات الأصابع دبقة، وصلبة تقريبًا (بالك 2009). ومن أهم العوامل الحيوية التي تؤدي إلى تلف أوراق البنكنوت هو إفراز الغدد الدهنية لدى البشر. فمن الناحية الكيميائية، فإن أكبر العناصر الموجودة في دهون البشرة هي الدهون الثلاثية (20 إلى 44%)، والمركبات الشمعية (23 إلى 25%)، والأحماض الخالية من الدهون (2 إلى 31%).

وتعتبر المركبات الشمعية الدهنية هي إسترات من الكحوليات الدهنية ذات السلسلة الطويلة (متوسط الرقم الكربوني 20) والأحماض الدهنية ذات السلسلة الطويلة (متوسط الرقم الكربوني 16)، والتي تشكل 25% من دهون سطح البشرة (ووتون 1989). وكما ذكرنا آنفًا، تسببت طبقة الدهون التي تغطي في النهاية أوراق البنكنوت تغيرات في لون أوراق البنكنوت. حيث أن اللون الطبيعي للدهون هو الأصفر – البني، وهذه التغيرات تكون ملحوظة بوجه خاص على الجزء الأزرق من الطيف (بويتلار 2008). وبالإضافة إلى ذلك، قد لا تكون تغيرات اللون موحدة وذلك بسبب التراكم الامتيازي للدهون على قوة السطح وفي الثنيات والطيات، الخ...

للماء والأوكسجين التأثير الأكبر على أوراق البنكنوت بين المواد غير العضوية التي تؤثر على أوراق البنكنوت. فهي تؤدي إلى تقدم عمر الورق، وإلى عمليات التأكسد إلى جانب التفسخ والتحلل لمركبات السليولوز الكبيرة (أريا وتشيراديم 2011). وفي هذه الدراسة، يشير تأثير الماء إلى ملامسة الماء مباشرة لأوراق البنكنوت، وكذلك إلى تأثير الرطوبة. فارتفاع الرطوبة لا يؤدي فحسب إلى تزايد معدل نمو الفطريات (التعفن)، وإنما يؤدي كذلك

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

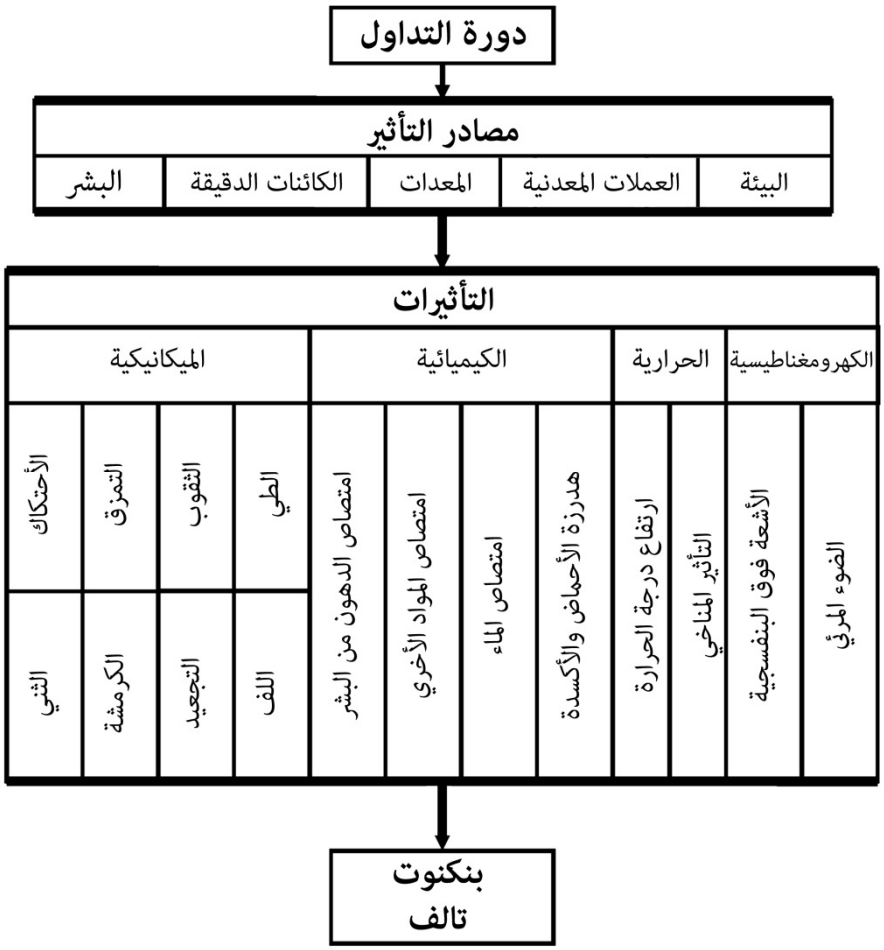
إلى تغيرات بنائية في الورق بسبب إطالة ألياف السليولوز. ونتيجة لذلك تصبح ورقة البنكنوت متعرجة للغاية. في المقابل يؤدي انخفاض الرطوبة (أقل من 30%) إلى خسارة لا يمكن استعادتها للماء الموجود بشكل طبيعي في ورقة البنكنوت. ومن ثم يجف الورق، ويفقد مرونته، ويصبح هشًا ومتجعدًا على نحو مبالغ فيه.

**3- التأثير الكهرومغناطيسي :**

عندما يتعلق الأمر بهذه بعوامل مثل تأثير الإشعاع الكهرومغناطيسي، فإن ضوء الشمس هو من العناصر الأساسية في هذاالمجال، فعلى الرغم من أن الضوء الصناعي له تأثير سلبي على أوراق البنكنوت. فإن هذين النوعين من الضو يسرعان من عملية تقدم عمر أوراق البنكنوت، ونتيجة لذلك يتحول الورق إلى اللون الأصفر ويصبح هشًا ويفقد قوته ومرونته. وبالإضافة إلى ذلك، تتغير سمات اللون في الطباعة (حيث يقل بريق اللون) (لاجيك وآخرون 2013)، وتظهر البقع (الثعلبية) على أورق البنكنوت وذلك نتيجة التلف التأكسدي في أجزاء معينة (تشويسي وآخرون 1997، جريف 2000، بريكوفا ومانتوروفسكايا 2000).

وتشير النتائج الأخيرة (شوكرا وآخرون 2011، وزوتي وآخرون 2011) إلى أن البقع الثعلبية تظهر نتيجة الفطريات الحيةأو الميتة المحملة في الهواء. ويتم تعزيز تأثير الضوء في حالة وجود المواد الحساسة للضوء على السطح وداخل بناء أوراق البنكنوت. وتتضمن بقع على السطح وداخل بناء أوراق البنكنوت. وتتضمن بقع على السطح وبعض الإضافات المعينة في بناء الورق أثناء مرحلة الإنتاج.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن تأثير هذا العمل عميق للغاية على أواق البنكنوت التي يوجد بها الكثير من الملوثات على السطح. وما من شك في أن لعلامات التأمين (مثل الألياف التأمينية، والأجزاء، والخيوط، الخ) خواصها البصرية الخاصة (فان رينيس 2005، بيرون 2010). ومن المهم كذلك تعريض أوراق البنكنوت على نحو مستمر إلى الأشعة فوق البنفسجية أثناء خضوعها لإجراءات التصديق والاعتماد. ولهذه الأشعة أعلى نشاط كيميائي بصري (أدكوك وآخرون 1998)، وبالتالي، يكون لها أكبر تأثير سلبي على قوام أوراق البنكنوت.




**الشكل رقم (2) رسم تخطيطي يوضح آليات تلف أوراق البنكنوت في دورة التداول.**

**4- التأثير الحراري :**

وهناك عامل آخر يندرج تحت فئة الطاقة ألا وهي الطاقة الحرارية، وهي تتألف من مكونين: التأثيرت المناخية الحرارية وتأثيرات ارتفاع الحرارة. تشير الأولى إلى التغيرات التي تنشأ عن الظروف الطبيعية، والتي على الرغم من ذلك تختلف حسب المناطق المناخية (تام ونازاد 2002)، في حين تشير الثانية إلى ارتفاع درجة الحرارة بحيث تقترب من أو تزيد على درجة حرارة التلف الحراري للورق (200 إلى 220 درجة مئوية. ويتضح هنا أن تأثير الأخيرة يكون أخطر على أوراق البنكنوت ويؤدي إما إلى التلف التام نتيجة الاحتراق أو إلى التلف الحراري في أجزاء معينة (احتراق الحواف، الاحتراق الداخلي، الخ).

بيد أن التأثير الحراري المناخي يسبب كذلك تغيرًا سلبيًا في أوراق البنكنوت، حيث أنه يسرع من عملية تقدم عمر أوراق البنكنوت، وقد ذكرنا أن الزيادة في درجة الحرارة بمقدار 10 درجات مئوية تضاعف من سرعة العمليات الكيمائية (بالك 2009).

والواقع أن معظم العوامل التي ذكرناها والتي تؤدي إلى تلف أوراق البنكنوت تتطلب الملامسة المباشرة، وهو ما يتحدد وفق طبيعة المنتج. في حين أن هناك عوامل أخرى مثل الإشعاع أو التأثير المناخي الحراري، بخلاف ارتفاع درجات الحرارة، لا يتطلب ملامس الشيء كي يكون لها تأثير على أوراق البنكنوت.

**خامسا: مواصفات أوراق البنكنوت التالفة :**

عند توزيع ومعالجة أوراق البنكنوت، تتم مراقبة العلامات التالية على التلف (إف آر بي 2008، مارتينيز وآخرون 2009، كانتيرو، 2010، كروبنيك 2012، كيريتشوك وآخرون 2013)، علامات التأمين الظاهرة تحت طيف الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية، التلف الميكانيكي (أي تمزق أو ثقب، أو تجاعيد، أو تمزق الحافة، أو أي أجزاء مفقود)، أي تمزق عام، والاتساخ بوجه عام وفي أجزاء معينة من الورقة.

وبالإضافة إلى مواصفات تلف أوراق البنكنوت هذه، وفي أثناء الدراسات العلمية لعملية تلف أوراق البنكنوت، تم فحص بعض التغيرات كذلك في مسامية الورق، وخشونته، ومواصفات التحمل فيه (بارتز وكرين 2006، وكيرتشوك 2013).

استرعت المناهج المختلفة في مراقبة اتساخ أوراق البنكنوت بوجه عام الانتباه، وذلك لأن هذا الاتساخ يكون من العوامل الأساسية لسحب أوراق البنكنوت من التداول.

فمن بين المواصفات التي تستخدم في هذه المراقبة، من الممكن تحديد التغيرات التالية في المواصفات البصري لأوراق البنكنوت: تغير اللون، وهو ما تتم مراقبته بصريًا من قبل العاملين، التغير في الكثافة البصرية (إف آر بي 2008)، قياس الضوء المرئي المنعكس من أوراق البنكنوت (بارتز وكرين 2006، مارتينيز وآخرون 2009)، المواصفات الطيفية لأوراق البنكنوت في مدى يتراواح ما بين 380 إلى 740 نانو متر، وانتقال الأشعة تحت الحمراء (بالك 2011).

وفي أثناء هذا البحث، تم تقسيم أوراق البنكنوت إلى عدة مجموعات وفق جودتها. وبوجه عام يتم تقسيم أوراق البنكنوت إلى عدة مجموعات: الفئة 1 – لائق تمامًا، الفئة 2 – لائق، الفئة 3 – مقبول، الفئة 4 - غير لائق، الفئة 5 – غير لائق تمامًا). وتوزيع أوراق البنكنوت ما بين الأربع مجموعات الأولى يكون هو الأساس عند اتخاذ القرار بالإبقاء على تلك الأوراق في التداول. وفي أثناء الأبحاث العلمية، يتم هذا التقسيم عادة يدويًا.

**الإطار العملي للبحث Research Work:**

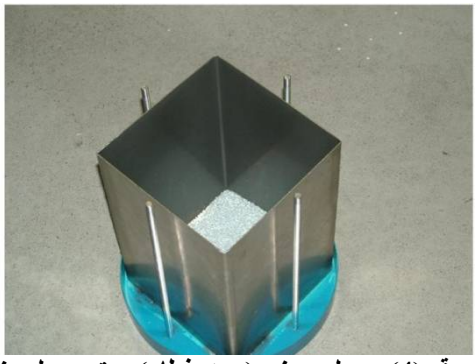
**أولا: المعدات المستخدمة:** جهاز محاكي دورة التداول(**Circulation Simulator Device**):

الطريقة القياسية الموضوعة في مارس 2004 – شركة كرين آند كو / كرين إيه بي

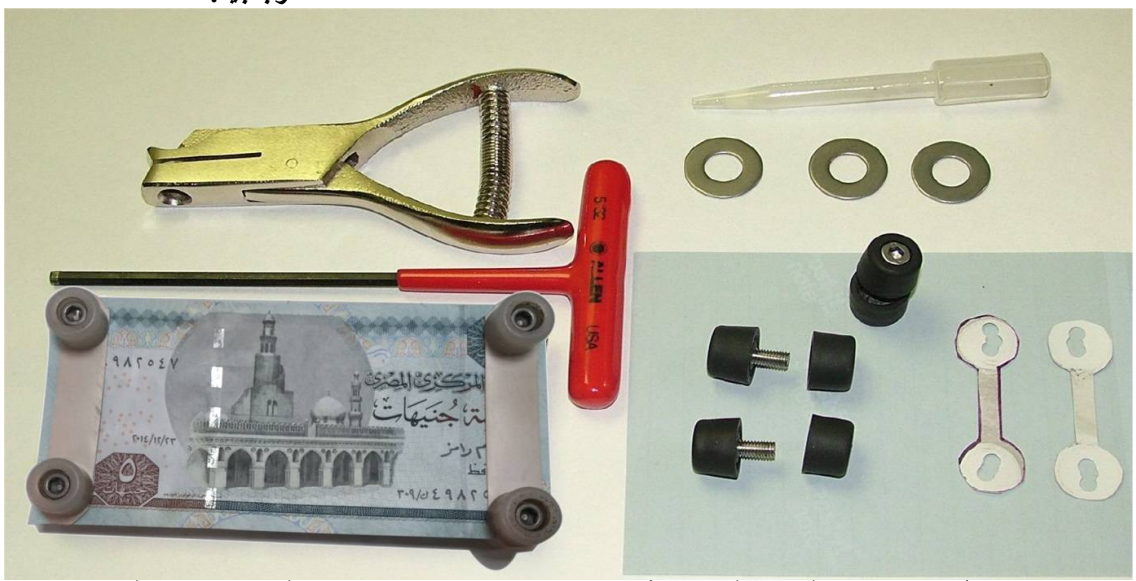
**<u>الجهاز القلاب والأدوات المستخدمة:</u>**

- برميل معدني (22 سم x 22 سم x 33 سم) مع غطاء وبطانة من المطاط
- Lathe بسرعة 60 لفة في الدقيقة
- خرزات زجاجية قطر 2.5 مم
- صدادات من البلاستيك الحراري مع المسامير والصواميل (قطر 5 مم، طول 15 مم)
- أشرطة تخشين مقطوعة من مادة مطاطية سمك 0.5 مم. وتقطع هذه الأشرطة على شكل عظمة، عرض 5 مم مع ثقوب على كل طرف تثبت عليه الأحمال المطاطية على الأطراف اليمنى واليسرى من الورقة.
- حلقات معدنية من الستانلس ستيل: قطر 22 مم مع ثقب 11 مم، وزن كل منهم 2.6 جم
- قطارة
- خرامة (ثقب قطر 5 مم)
- Wremch زرادية لربط الصواميل جيدًا (حسب الحاجة).

**الشكل رقم (3) البرميل القلاب على الموتور المروحة.**



**الشكل رقم (4) برميل معدني (دون غطاء) يحتوي على خرزات زجاجية.**



**الشكل رقم (5) يوضح الأدوات المستخدمة (خرامة، مفتاح ألن، قطارة (لزيوت الاتساخ الاصطناعية)، حلقات معدنية، عينات من العملات الورقية مع أشرطة تخشين وأثقال موضوعة، وأثقال للمصدات المطاطية، وأشرطة تخشين، تظهر كل منها على حدة).**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**ثانيا: الطريقة Method :**

قادنا النظر في العوامل التي تسبب تلف أوراق البنكنوت إلى تتطوير منهج محاكي دورة التداول، وهو ما يتيح لنا الحصول على عينات من أوراق البنكنوت تكون حدودها أقرب ما يكون إلى حدود وقياسات أوراق البنكنوت في دورة التداول الفعلية.

تمت محاكاة التأثير الميكانيكي على أوراق البنكنوت من خلال الملامسة المتكررة مع العامل الذي يسبب التلف داخل حاوية مغلقة، بحيث تلف أوراق البنكنوت حول محور الحاوية. ومن خلال هذا النوع من معالجة أوراق البنكنوت، حصلنا على أنواع متعددة من التلف الكيميائي، مثل الاحتكاك، واللف، والطي، والتمزق، والكرمشة، والتكسير، والثقب أو وجود علامة، والثني. ولقد تم تعزيز محاكاة اللف، والثمي، والتقطيع بسبب القوة المركزية الطاردة التي تحدث أثناء اللف من خلال وضع أشرطة تخشين ذات تحميل مضاف على الجوانب الأقصر من أوراق البنكنوت.

كما يتم تعزيز الآثار الكيميائية على أوراق البنكنوت من خلال إضافة محول اتساخ أثناء كافة دورات المحاكاة. وتركيبة المزيج تتوافق مع طبقة الاتساخ الموجودة على سطح العملة المتداولة بالسوق المالي كما تحاكي المركبات العضوية وغير العضوية الموجودة على أوراق البنكنوت في التداول الفعلي(كيرتشوك وآخرون 2013). ومركب الاتساخ المستخدم عند المحاكاة هو المركب تقريبيا مطابق مع تداول أوراق البنكنوت داخل جمهورية مصر العربية.

**1- المكونات الصلبة في مزيج الاتساخ:**

- الطمي الأبيض الذي يعد مماثل يتحد مع الماء للتربة الجافة ذات شكل السطح المتطور.

**2- المكونات السائلة في مركب الاتساخ:**

- زيت دوار الشمس وزيت النخيل، وهي المركبات التي تستخدم في محاكاة المواد الدهنية.
- الكحول، 70%، وهو ما يستخدم في زيادة قابلية المنتجات الفرعية على للذوبان، ومن ثم يؤدي إلى زيادة التفاعلات ما بين السطح ومجموعة أوراق البنكنوت.
- ما يطلق عليه اسم "التعرق الاصطناعي"، وهو مادة تقترب في تركيبها من عرق الإنسان (كلوريد الصوديوم (4.5 جم)، كلوريد البوتاسيوم (0.3%)، كلوريد الأمونيوم (0.4%)، كبريتات الصوديوم (0.3 جم)، حمض اللاكتيك، 80% (3.0 مل)، يوريا (0.2جم)، ماء مقطر (1000 مل)).
- تم وضع الكميات التالية من هذه المكونات من مزيج الاتساخ في حاوية محاكي التداول قبل الدورة الأولى من التلف، وتم مزجها بعناية: الطمي: 0.24 جم، زيت دوار الشمس: 0.5 مل، كحول (70%): 0.4مل، زيت الزيتون: 0.5 مل، وتعرق صناعي: 1.5 مل.
- وتمت محاكاة التأثير الحراري على أوراق البنكنوت من خلال الحفاظ على الحاوية في خلال كافة دورات المعالجة على درجة حرارة 35 +/- 2 درجة مئوية وهي درجة الحرارة التي تماثل درجة حرارة الجسم.

**3- إعداد العينة:**

تثقب أطراف كل عينة علي بعد ما يقرب من 9 مم من الحواف، توضع أشرطة التخشين علي الحافة اليمني واليسري من جانبي العينة مع وض ثقوب الشريط علي نفس خط ثقوب الورقة المثقوبة، وضع وزن مطاطيعلي كل طرف من العينة (بما في ذلك أشرطة التخشين)، وربط الصواميل جيدا (عادة لا نحتاج إلي مفتاح ألين لإحكام الربط، ولكن يمكن استخدام ذلك عند الحاجة).

**4- إعداد مزيج الإتساخ:**

يتم مزج 0.24جم من الطمي الأبيض مع 2000 جم من الخرزات الزجاجية و 50 جم من الحلقات المعدنية ( العدد=19) في البرميل المعدني، ثم يتم وضع قطرات 0.5 جم من كل من زيت دوار الشمس، وزيت الزيتون، والكحول الإثيلي، والتعرق الصناعي في المزيج ويتم المزج جيدا، يوضع البرميل علي موتور المروحة مع التدوير علي سرعة 60 لفة في الدقيقة لمدة 5 دقائق قبل وضع العينات.

**5- إجراءات اختبار محاكي التداول:**

نضع عينات الأختبار (مع إضافة الأثقال) في البرميل المعدني، إذا كان عدد العينات أقل من 20 يستخدم قطع بديلة إضافية بأبعاد مماثلة (أوراق عملات أو ما يشبهها)، ثم إغلاق الغطاء. مدة دورة التقليب تكون 30 دقيقة من الدوران ولكن يتم عكس اتجاه الدوران في منتصف كل دورة (15 دقيقة في اتجاه، ثم 15 دقيقة في الاتجاه الآخر). تتم إزالة العينات من البراميل وإزالة الأثقال. الممارسة القياسية هو استكمال ثلاث دورات اختبار مع اختبار الورق بعد كل دورة (أي مدة الاختبار كاملة =90 دقيقة / 3 دورات)، مع مراعاة وضع مزيج الأتساخ في الدورة الاولي فقط، ولا يضاف مزيج إضافي في الدورات الثانية والثالثة.

**ثالثا: طريقة القياس:**

تم فحص مواصفات مقاومة أوراق البنكنوت للاتساخ بوجه عام (تغير بريق اللون، تباين اللون، والتغير في الوزن).

**مقاومة الاتساخ بوجه عام**

- **تغير بريق اللون:** تم استخدم طريقة تابي القياسية (معايير تابي لعام 1998)، والمستخدمة على نطاق واسع في تقييم تلف أوراق البنكنوت (براتز وكرين 2006). وهي تصف الإدراك البشري لاتساخ أوراق البنكنوت على نحو رائع.
- **تباين اللون:** $\text{Delta E}^*_{ab}$ . ويتم تعريف ذلك ضمن مساحة اللون CIE 1976 (L*، a*، b*) من خلال الصيغة التالية:

$$\text{Delta } E_{ab} = \sqrt{((L^*_{new} - L^*_{det})^2 + (a^*_{new} - a^*_{det})^2 + (b^*_{new} - b^*_{det})^2}$$

، بحيث ترمز الحروف $L^*_{new}$، $a^*_{new}$، $b^*_{new}$ إلى إحداثيات اللون في أوراق البنكنوت التي لم تتعرض للتلف في حين ترمز الحروف $L^*_{det}$، $a^*_{det}$، $b^*_{det}$ إلى إحداثيات اللون في أوراق البنكنوت التي تعرضت للتلف.

وهذا المؤشر يصف تمامًا الإدراك البشري للتغير في لون أوراق البنكنوت وتحولها إلى اللون الأصفر – البني نتيجة للتلف (بويتلار 2008). ومن المعروف أن البشر يمكنهم إدراك تميز اللون إذا ما كانت: $\text{Delta E}^*_{ab \geq 5}$ (شاندا 2007).

- **التغير في الوزن:** تم استخدام الطريقة القياسية لقياس الوزن هو طريق وزن عشر عينات على مجموعة من المقاييس التحليلية. كما تم قياس السمات البصرية في المنطقة غير المطبوعة بالقرب من العلامة المائية على وجه ورقة البنكنوت وظهرها.

## رابعا: العينات ونتائج القياس Results:

تم تحديد مواصفات العينات قبل وبعد تلف أوراق البنكنوت باستخدام منهج محاكاة دورة التداول. حيث تم اختبار 60 ورقة من أوراق البنكنوت (في 3 سلسلات من محاكاة التلف، 20 عينة في كل سلسلة، 20 عينة دورة واحدة، 20 عينة دورتين، 20 عينة ثلاثة دورات). وتم تحديد مواصفات أوراق البنكنوت من ذات الفئة – أوراق البنكنوت الجديدة (الفئة 1 – لائقة تمامًا)، إلي جانب أوراق بنكنوت ملائمة للتداول مرة أخري تم سحبها من سوق التداول المصري (الفئة 3- مقبولة) إلى جانب أوراق البنكنوت التي تم سحبها من دورة التداول الفعلية (الفئة 5 – غير لائقة تمامًا). وفي الحالة الأخيرة، تم اختبار حجم عينات يتألف من 40 ورقة من أوراق البنكنوت من فئة الخمسة جنيهات مصرية، وتم عرض البيانات في الجداول رقم(1).

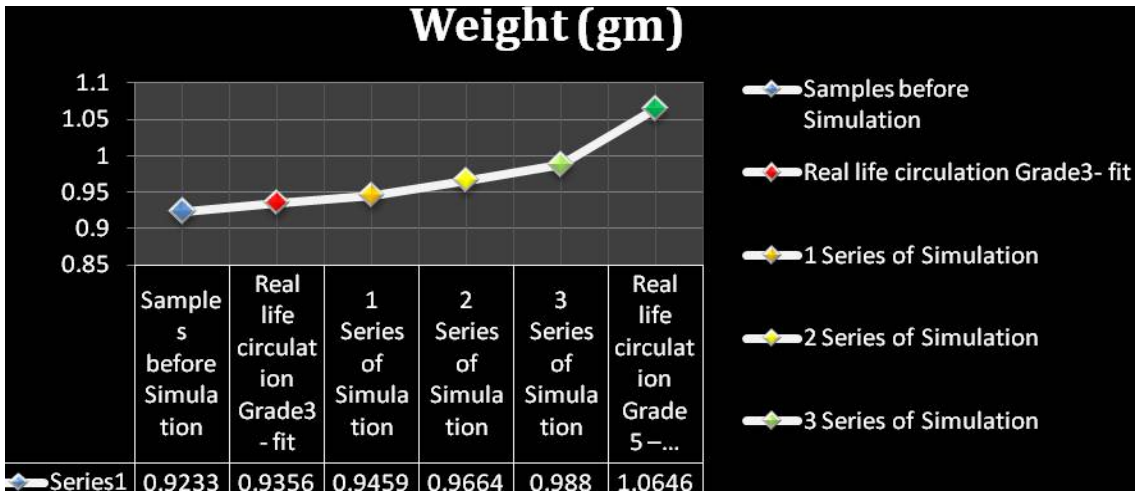
**الجدول رقم (1) يوضح التغيرات في مواصفات الاتساخ العام نتيجة محاكاة التلف ودورة التداول الفعلية.**

**1- Changes in general soiling characteristics as a result of wear simulation and real life circulation :**

| Weight Change(%) | Weight (g) | Colour difference ΔE*ab | | Brightness (%) | | الخواص Characteristic | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ظهرback | وجه face | ظهرback | وجه face | | |
| | 0.9224 | | | 88.77 | 69.39 | | |
| | 0.9256 | | | 89.12 | 69.42 | | |
| | 0.9217 | | | 86.89 | 67.93 | عملة جديدة | |
| | 0.9198 | | | 88.65 | 68.23 | Samples | |
| | 0.9287 | | | 88.68 | 69.46 | before | |
| | 0.9184 | | | 89.41 | 67.91 | Simulation | |
| | 0.9263 | | | 87.83 | 67.88 | | |
| | 0.9233 | | | 88.48 | 68.60 | المتوسط = | |
| 1.69 % | 0.9380 | 12.23 | 7.74 | 80.27 | 61.83 | عملة ملائمة | |
| 1.26 % | 0.9373 | 15.53 | 7.99 | 81.08 | 62.54 | للتداول | |
| 1.99 % | 0.9401 | 16.34 | 10.51 | 79.66 | 62.28 | من سوق التداول | قبل التدهور |
| 1.30 % | 0.9318 | 8.53 | 9.38 | 80.37 | 62.35 | Real life | Before |
| 0.65 % | 0.9347 | 19.55 | 12.80 | 80.31 | 61.89 | circulation | Wear |
| 1.36 % | 0.9309 | 11.06 | 12.42 | 79.57 | 60.92 | Grade3- fit | |
| 1.12 % | 0.9368 | 12.04 | 14.01 | 78.82 | 61.73 | | |
| 1.34 % | 0.9356 | 13.61 | 10.69 | 80.01 | 61.93 | المتوسط = | |
| 2.89 % | 0.9491 | 9.24 | 17.02 | 78.9 | 63.80 | عملة جديدة تم | |
| 2.66 % | 0.9502 | 12.58 | 17.83 | 81.65 | 62.99 | تعريضها لدورة | |
| 2.25 % | 0.9424 | 15.13 | 15.31 | 82.88 | 63.79 | واحدة بجهاز الـ | |
| 2.14 % | 0.9395 | 12.65 | 15.63 | 83.20 | 63.27 | cs | |
| 2.95 % | 0.9561 | 14.40 | 12.50 | 81.26 | 64.18 | 1 Series of | |
| 1.64 % | 0.9335 | 16.74 | 13.12 | 80.99 | 62.81 | Simulation | |
| 2.58 % | 0.9502 | 17.90 | 19.33 | 79.99 | 63.89 | | |
| 2.44 % | 0.9459 | 14.10 | 15.82 | 81.27 | 63.53 | المتوسط = | |
| 4.31 % | 0.9622 | 17.69 | 26.05 | 69.91 | 54.29 | عملة جديدة تم | |
| 4.88 % | 0.9708 | 17.44 | 26.88 | 71.40 | 53.88 | تعريضها | |
| 4.46 % | 0.9628 | 17.81 | 24.98 | 72.25 | 55.31 | لدورتين بجهاز | |
| 4.25 % | 0.9589 | 16.09 | 26.40 | 72.84 | 55.18 | الـ cs | |
| 5.10 % | 0.9761 | 18.21 | 27.53 | 73.45 | 54.08 | 2 Series of | |
| 4.44 % | 0.9592 | 20.45 | 26.86 | 71.42 | 52.95 | Simulation | بعد التدهور |
| 5.20 % | 0.9745 | 19.04 | 26.00 | 69.83 | 53.01 | | After |
| 4.66 % | 0.9664 | 18.10 | 26.39 | 71.59 | 54.10 | المتوسط = | Wear |
| 6.69 % | 0.9841 | 24.35 | 30.14 | 70.40 | 50.11 | | |
| 7.30 % | 0.9932 | 23.72 | 28.06 | 69.75 | 49.99 | عملة جديدة تم | |
| 6.95 % | 0.9858 | 29.89 | 27.19 | 67.80 | 50.32 | تعريضها لثلاثة | |
| 6.56 % | 0.9801 | 22.09 | 27.68 | 67.92 | 50.89 | دورات بجهاز الـ | |
| 7.18 % | 0.9954 | 27.65 | 29.91 | 68.53 | 49.30 | cs | |
| 7.08 % | 0.9834 | 29.37 | 28.85 | 68.81 | 49.63 | 3 Series of | |
| 7.36 % | 0.9945 | 20.86 | 28.26 | 67.98 | 48.96 | Simulation | |
| 7.02 % | 0.9880 | 25.42 | 28.58 | 68.74 | 49.89 | المتوسط = | |
| 14.30 % | 1.0543 | 36.70 | 33.64 | 59.32 | 40.81 | عملة قديمة | |
| 16.01 % | 1.0738 | 35.47 | 30.25 | 58.56 | 39.86 | غير ملائمة | |
| 15.06 % | 1.0605 | 33.52 | 28.93 | 59.17 | 40.34 | للتداول | |
| 14.33 % | 1.0516 | 31.88 | 28.26 | 59.29 | 41.27 | Real life | |
| 16.21 % | 1.0792 | 32.81 | 31.29 | 59.27 | 41.31 | circulation | |
| 14.73 % | 1.0537 | 36.06 | 31.17 | 57.94 | 40.74 | Grade 5 – | |
| 16.43 % | 1.0785 | 30.34 | 30.20 | 58.46 | 41.26 | Super unfit | |
| 15.29 % | 1.0646 | 33.83 | 30.53 | 58.86 | 40.80 | المتوسط = | |

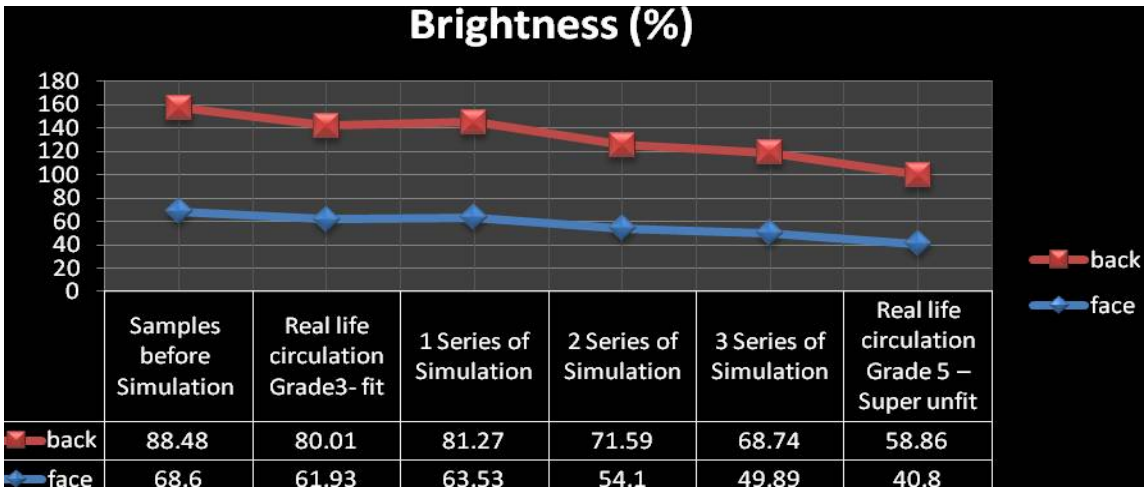
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**-التحليل البياني لنتائج اختبار التغير في الوزن لفئة الخمسة جنيهات مصرية:**



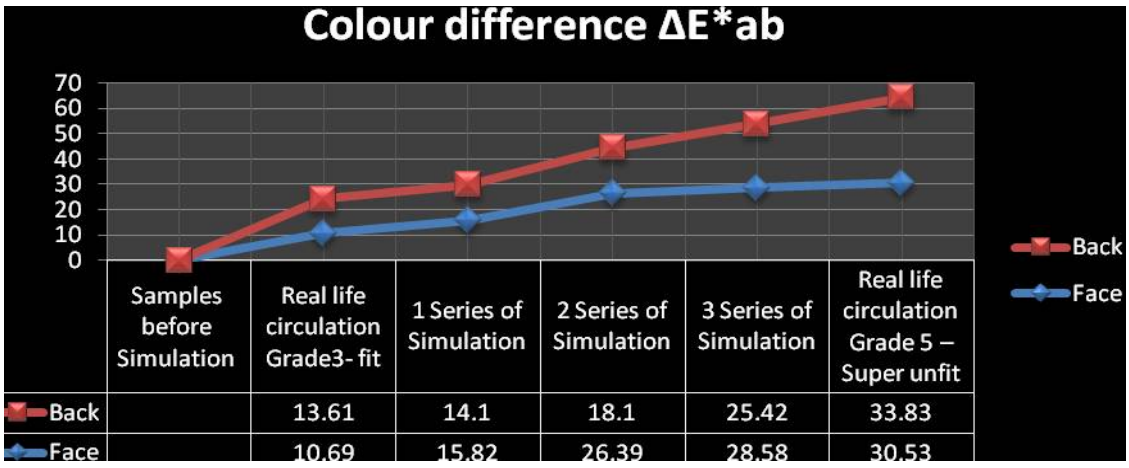

شكل بياني رقم (1) يوضح نتائج اختبار التغير في الوزن لفئة خمسة جنيهات مصرية.

**-التحليل البياني لنتائج اختبار التغير في درجة النصوع لفئة الخمسة جنيهات مصرية:**




شكل بياني رقم (2) يوضح نتائج اختبار التغير في درجة النصوع لفئة خمسة جنيهات مصرية.

**-التحليل البياني لنتائج اختبار التغير في درجة اللون لفئة الخمسة جنيهات مصرية:**




شكل بياني رقم (3) يوضح نتائج اختبار التغير في درجة اللون لفئة خمسة جنيهات مصرية.

**خامسا: تحليل النتائج والمناقشات Discussion:**

**1-** تم تطبيق هذه الطريقة على أوراق بنكنوت الخمسة جنيهات المصرية، وحصلنا على نتائج من أوراق البنكنوت التالفة صناعيًا كانت سمات الاتساخ بوجه عام فيها (السمات البصرية والتغير في الوزن) ضمن المقاييس المقابلة الخاصة بأوراق البنكنوت في دورة التداول الفعلية.

2- تشير هذه البيانات إلى أنه فيما يتعلق بالاتساخ والتلف العام، فإن منهج المحاكاة المقترح للتداول يتيح المحاكاة الدقيقة لمواصفات تلف أوراق البنكنوت في دورة التداول الفعلية. حيث أن معظم مواصفات أوراق البنكنوت التي تم إتلافها اصطناعيا جاءت في مدى التغيرات الموجودة في أوراق البنكنوت المقابلة في دورة التداول الفعلية. كانت هناك بعض التغيرات في إحداثيات اللون الخاصة بالعينات التالفة الصناعية وأوراق البنكنوت من دورة التداول الفعلي. حيث كان التحول نحو اللون

الأصفر – البني أقل. وجاء هذا الاختلاف نتيجة قلة درجة التأكسد بسبب قصر زمن التعرض بشكل كبير.

3- تشير البيانات الخاصة باختبار تغير الوزن أن الوزن يزداد كلما زادت حالة التدهور للعملة، ويتم تحليل هذه الزيادة في الوزن نتيجة زيادة الملوثات التي تكون علي سطح العملات الاكثر تدهورا.

4- تشير البيانات الخاصة بتدهور الخواص البصرية (التغير في درجة النصوع – التغير في الدرجة اللونية) بأن لون ورقة البنكنوت في مرحلة التدهور البصري هو اللون الأصفر / البني. وينتج تغير لون ورقة البنكنوت عن عمليتين ألا وهما: تأكسد ألياف السليولوز والتقادم الطبيعي لطبقة الدهون والشحوم الموجودة. ويعني تأكسد السليولوز تكون ألياف السليولوز المتأكسدة. ومثل هذا التأكسد يؤدي إلى زيادة في المجموعات التي تحتوي على الأوكسجين مثل أحماض الكربونيل والكربوكسيل. وتتسبب ألياف السليولوز المتأكسدة عادة في وجود تأثير مصفر على الورق. وتلك الطبقة من الدهون أو الشحوم تتقادم عادة على النحو التالي:

- تتحلل مركبات الجلسريد الثنائية أو الثلاثية في البداية فتتحول إلى جلسرين وأحماض دهنية.
- الروابط المزدوجة في الأحماض الدهنية غير المتشبعة تتأكسد فتتحول إلى أحماض كربونية.
- وتلك الأحماض تعمل على تحفيز عمليات التأكسد الأخرى والتي تؤدي عادة إلى وجود مواد بنية.

ويكون الانطباع البصري عن أوراق البنكنوت في هذه المرحلة هو أن السطح بالكامل يبدو متسخًا، ولكن ذلك الاتساخ يبدو متجانسًا في تركيبه، كما أن خطوط الطي السابقة تبدو (دومًا) داكنة أكثر من باقي أجزاء ورقة البنكنوت.

5- على الرغم من ذلك، فإن التغير في بريق الألوان والضوء في الأوراق الفعلية التالفة والأوراق الصناعية التالفة اختلف إلى حد كبير. وتشير كافة هذه النتائج إلى أن المنهج المطور لمحاكاة تلف أوراق البنكنوت يحاكي على نحو مناسب التغيرات التي تطرأ على أوراق البنكنوت في دورة التداول الفعلية.

## سادسا: التوصيات Recommendations:

**1.** يتيح لنا التحليل العميق لعمليات تلف أوراق البنكنوت في التداول والعوامل المسببة له التعرف على العوامل الأساسية في هذه العمليات وتحديد العوامل التي من الممكن محاكاتها من خلال التلف الاصطناعي. وتتضمن العوامل التي ينبغي أخذها في الاعتبار عند محاكاة التلف تلك العوامل التي يكون لها تأثير نظامي. وفي أثناء محاكاة دورة التداول، ينبغي التحقق من التأثير التتابعي للعوامل المختلفة على أوراق البنكنوت، وخاصة العوامل الميكانيكية والكيميائية.

2. التحليل السابق لعمليات تلف أوراق البنكنوت في دورة التداول والأسباب التي تؤدي إلى ذلك يتيح لنا التعرف على العوامل الأهم في تلك العمليات ومن ثم تحديد أي من هذه العوامل التي يمكن محاكاتها عن طريق التلف الصناعي.

3. تتضمن العوامل التي ينبغي وضعها في الاعتبار عند محاكاة التلف تتضمن تلك التي تحتوي على الآثار النظامية (الثابتة أو المتعددة). ومصدر هذا التعرض يكون أولاً هو البشر والعملات. كما أن محاكاة تأثير الكائنات الدقيقة يحتل أهمية كبيرة، ولكن نظرًا لأسباب تتعلق بالتأمين الحيوي، ينبغي أن تجري هذه الدراسات فقط لأغراض تطوير أوراق البنكنوت مع توفير حماية معززة من الكائنات الدقيقة. بالإضافة إلى ذلك، فإن عملية محاكاة دورة التداول تدوم لمدة ساعة إلى ساعتين، وهو ما لا يكفي لمحاكاة تأثير الكائنات الدقيقة.

4. وفي أثناء محاكاة التداول من المهم بمكان ضمان التأثير المتعاقب للعوامل المختلفة على أوراق البنكنوت، وخاصة التأثيرات الميكانيكية والكيميائية. فينبغي محاكاة التأثيرت الحرارية، وبوجه خاص، التأثيرات المناخية أساسًا لدراسة أوراق البنكنوت التي يتم تداولها في الدول ذات المناخ الاستوائي.

5. وحيث أن محاكاة التلف تستغرق زمنًا أقل، من الممكن أخذ الأنواع المختلفة من الإشعاعات (فوق البنفسجية والضوء المرئي) في الاعتبار في أثناء المعالجة الطبيعية وعند قياس مواصفات أوراق البنكنوت.

**6.** هذا المنهج المقترح يتيح لنا إجراء المحاكاة الدقيقة لتراجع مواصفات أوراق البنكنوت في دورة التداول الفعلية. ويمكن الاستعانة به لتحديد مدى تحمل المواد والعمليات الصناعية الخاصة بعملة الهريفنيا الأوكرانية وغير ذلك من العملات.

## سابعا: المراجع والمصادر References:


**1.** Adcock, E., Varlamoff, M.-T., and Kremp, V. (1998). " IFLA principles for the care and handling of library materials, " IFLA-PAC, International Federation of Library Associations and Institutions, Core Programme on Preservation and Conservation.

**2.** Area, M. C., and Cheradame, H. (2011). " Paper aging and degradation : Recent findings and research methods, " *BioResources* 6(4), 5307-5337.

**3.** Balke, P. (2011). " From fit to unfit : How banknotes become soiled," *Watermark* 2011,

**4.** Bartz, W., and Crane, T.(2006). " Circulation simulator method for evaluating banknote and optical feature durability," proc.of the SPIE. Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI, 6075, 75-83.

**5.** Buitelaar, T. (2002). " Consumption of banknotes in the Netherlands," Lecture at DNB Amsterdam, 10 April, 2002.

**6.** Buitelaar, T. (2008). " The colour of soil," DNB Cash Seminar 2008/ Amsterdam, 28-29 February, 2008.

**7.** Cantero, F. (2010). " Banknote authentication devices," *Billetaria-International Review on Cash Management* 8, 21-22.

**8.** Choisy, P., de la Chapelle, A., Thomas, D., and Legoy, M. D. (1997). " Noninvasive techniques for the investigation of foxing stains on graphic art material," *Restaurator* 18(3), 131-152.

**9.** Federal Reserve Bank Services (2008). " Fitness guidelines for federal reserve notes (FRNs)," Currency Technology Office, Federal Reserve Bank, USA, http://www.frbservices.org/files/operations/pdf/FRB_fitness_guidelines_2008_dec_11.pdf.

**10.** Fellers, C., Iversen, T., Lindstrom, T., Nilsson, T., and Rigdahl, M. (1989). " Ageing/Degradation of paper. A Literature Survey," FoU-Projektet for Papperskonservering, Report No. 1 E, Stockholm, September 1989.


This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**11.** Geusebroek, J.-M., Markus, P., and Balke, P. (2011). " Learning banknote fitness for sorting ," Proceedings of the 2011 International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Robotics (ICPAIR 2011), Putrajaya, 1, 41-46.

**12.** Greve, K.(2000). " Foxing – Causes and questions. – Conservation without limits," IIC Nordic Group XV Congress. Helsinki, 23-26 August, pp. 55-62.

**13.** ISO Standerds (1992). " ISO 5636-3 : 1992 Paper and board – Determination of air permeance ( medium range ) – part 3 : Bendtsen method."

**14.** Kropnick, E. (2012). " Measurement of banknote soiling by sorting machines : An empirical study *Billetaria – International Review on Cash Management* 11, 24-26.,"

**15.** Kyrychok, T. (2013). " Algorithm for solving multicriteria problem of choice of banknote deterioration characteristics using the utility function, " *Research Bulletin of National Technical University of Ukraine " Kyiv Polytechnic Institute "* 1 (87), 68-75.

**16.** Kyrychok, T., Melnychenko, A., and Nesterenko, V. (2013). " Analysis of Ukrainian hryvnia banknotes durability in a real circulation," *Research Bulletin of National Technical University of Ukraine " Kyiv Polytechnic Institute "* 2 (88), 94-104.

**17.** Lajic, B., Majnaric, I., and Mirkovic, I. B. (2013). " Accelerated and natural ageing of offset prints coverd with different varnishes," Nordic Pulp & Paper Res. J. 28 (1), 101-110.

**18.** Marincovic, C., Pritchard, K., Binder, M., and da Silva, N. (2011). " Life cycle assessment of Canada's polymer bank notes and cotton – paper bank notes. Final report," Bank of Canada.

**19.** Martinez, M., Kropnickm E., and Negueruela, J. D. (2009). " Machnical banknote sorting : An empirical study," *Billetaria – International Review on Cash Management* 6, 16-19.

**20.** Meuer, T., and Martin, J. (2011). " The Euro system's efforts in the search for a longer lasting banknote," *Billetaria- International Review on Cash Management* 9, 22-24.

**21.** Pedersoli, I. L., and Ligterink, F. J. (2011). " Spectroscopic characterization of the fluorescence of paper at the wet-dry interface," *Restaurator* 22(2), 133-145.

**22.** Perron, M. (2010). " Patenting of new banknote security features," *Billetaria – International Review on Cash Management* 7, 38-39.

**23.** Peters, D. (2000). " An alternative to foxing? Oxidative degradation as a cause of cellulosic discoloration," *Papier Restaurierung – Milteilungen der IADA ( International Arbeitsgeminschaft der Archiv-, Bibliotheks – und Graphikrestaurationen )* 1, 801-806.

**24.** Rebrikova, N. L., and Manturovskaya, N. V. (2000). " Foxing. A new approach to an old problem," *Restaurator* 21 (2), 85-100.

**25.** Sabo, R., Jin, L., Stark, N., and Ibach, R. E. (2013). " Effect of environmental conditions on the mechanical properties and fungal degradation of polycaprolactone/ microcrystalline cellulose/wood flour composites," *BioResources* 8(3), 3322-3335.

**26.** Schanda, J. (2007). *Colorimetry : Understanding the CIE system.* Wiley-Interscience, New York.

**27.** Skora, J., Gutarowska, B., and Kozirog, A. (2011). " Microscopic fungi as a factor threatening the paper durability and health risk for workers in libraries and archives rooms," Przeglad Papierniczy 67 (12), 755-762.

**28.** Tam, N. T., and Nazhad, M. M. (2002). " Aging at tropical condition and its effect on deinking potential of ONP," TAPPI Fall Technical Conference, San Diego, California.

**29.** TAPPI Standards (1998). " T 452 om-98. Brightness of pulp, paper, and paperboard ( directional reflectance at 457 nm)."

**30.** TAPPI Standards (2010). " TAPPI T 403 om-10. Bursting strength of paper."

**31.** TAPPI Standards (2013). " TAPPI T 489 om-13. Bending resistance ( stiffness) of paper and paperboard ( Taber-type stiffness tester)."

Van Renesse, R. L. (2005). *Optical Document Security,* Artech House, Boston/London.