

دراسة فاعلية تكنولوجيا انترنت الأشياء في مراقبة ثبات المنحدرات

أبو القاسم عبد الفتاح الأخضر¹، سيف الدين محمد حلييلة²

^{1,2} قسم الهندسة الإلكترونية، المركز الليبي للمنظومات الالكترونية والبرمجيات وبحوث الطيران ، طرابلس، ليبيا

a.alakhdar@zu.edu.ly*

ملخص البحث

تعد مراقبة حركة المواد المكونة للمنحدرات والمواد المستقرة عليها من الأمور بالغة الصعوبة في ظروف هندسة المنحدرات التي تتسم بالصعوبة وفي بعض الأحيان يكون من الصعوبة رصد حركة موادها وبخاصة في ظروف البرد والهطول المطري، وقد قدمت هذه الورقة البحثية لدراسة فاعلية تكنولوجيا انترنت الأشياء (**Internet of Things**) في مراقبة ثبات المنحدرات عن بعد بناءً على دراسات ميدانية ومعملية ومكتبية، فتم تصميم نموذج مراقبة مكون من لوحة (**NodeMCU esp8266**) وحساس رطوبة (**humidity sensor**)، وأسلاك توصيل فتم إنشاء صفحة إلكترونية تحمل العنوان (<http://192.168.1.105>)، وأدخل الكود البرمجي لنظام المراقبة وبالاعتماد على برنامج الـ **Arduino ide**) وأدخلت بيانات واقعية لمنحدرات مكونة من حطام صخري، وأهم النتائج تمثلت في فاعلية نظام المراقبة في رصد التغيرات الناتجة عند إضافة كمية مياه (5 mm) للحطام الصخري إذ بدء النظام في استقبال البيانات وسجلت أول قراءة لنسبة الرطوبة متوافقة مع القراءة المدخلة لنظام بقيمة (14.7%) ورصد التغيرات عند إضافة كمية مياه (25 mm) و(50 mm) ورصد النظام قيم معامل الأمان وتسجيل الزمن الحقيقي مع كل تغير في كمية المياه، وتوصي الدراسة بضرورة تطبيق نظام المراقبة على المنحدرات في الطبيعة، مع التأكيد بإدخال مستشعرات أخرى مثل مستشعر الاهتزاز ومستشعر الحركة.

1. المقدمة

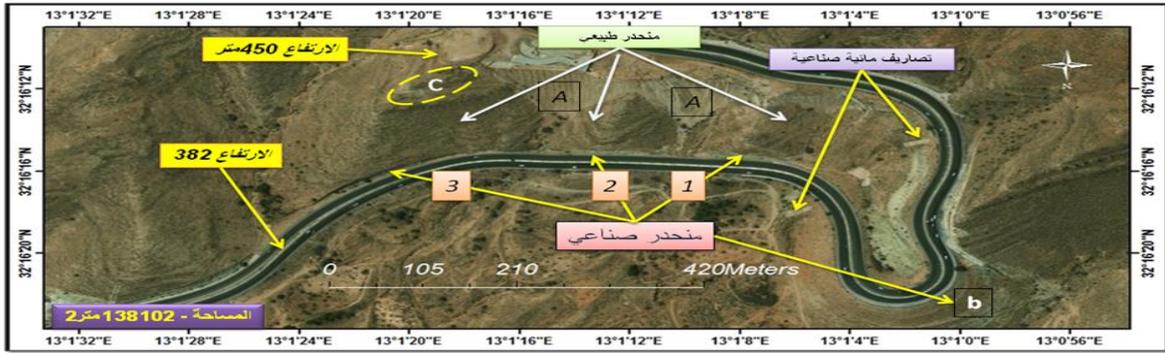
إن تطور تكنولوجيا المعلومات ينمو بشكل كبير بسرعة خاصة في مجال تكنولوجيا المعلومات لما لها من تأثير فعال وملحوس في الحصول على البيانات بأسرع وقت [1]، وتعد تكنولوجيا الانترنت من التقنيات الحديثة التي سهلت مجال العمل في عديد المجالات ولعل أبرزها الخدمات المصرفية والتسوق ومراقبة الطرق والتواصل الاجتماعي [2] وساعدت التكنولوجيا المتطورة في الحصول على المعلومات التي نحتاجها في بطرق سهلة ولعل من تلك المعلومات بيانات التغير في نسب رطوبة التربة، لان التحكم في الرطوبة ودرجة الحرارة في أقرب وقت ممكن حتى تصل إلى الظروف المطلوبة واتخاذ القرارات المناسب إذا حدث أي تغير غير مرغوب فيه [3]؛ وهذه الورقة تسلط الضوء على استخدام تكنولوجيا الانترنت الأشياء في تقييم الفاعلية انترنت الأشياء في مراقبة ثبات المنحدرات وذلك بدراسة فاعلية حساس الرطوبة، إذ اعتمد على بيانات دراسة ميدانية ومعملية لعينات من الحطام الصخري المكونة لمنحدر، أكدت الدراسات الحقلية والمعملية حدوث تغير في قيم المحتوى الرطوبي الناتج عن التغير في كمية المياه الذي سبب تغير في قيم التماسك الداخلي مع التغير في كميات الهطول المطري، ولايشعر بحجم تلك الكوارث إلا إذا حدثت أضرار للطريق ومستدميه [4]، وتحدثت بعض الانهيارات الأرضية في الأمطار القليلة العلوية للمواد المكونة للمنحدرات مسبباً كوارث قد تلحق بالطرق الجبلية ومستدميها، وعادة ما تكون المواد المنهارة من الحطام والتربة المكونة للمنحدرات الأمطار القليلة العلوية من المواد السطحية [5] فتشكل بذلك خطراً على الطرق الجبلية ومستدميها [6] ومن الأسباب المهمة لحدوث انهيار لمكونات المنحدر التغير في المحتوى المائي الناتج عن هطول الأمطار، وتعد المراقبة الميدانية لكيفية حدوث تشعب داخلي للحطام والتربة من الأمور المهمة كونها العامل الأبرز لحدوث الإنهيار بخاصة على المنحدرات التي تشهد نشاطاً طبيعياً وبشرياً، وعلى بعض المنحدرات يصعب مراقبة حركة المواد المكونة للمنحدرات بشكل دوري وبخاصة أثناء

الهطول المطري، فجاءت فكرة الاعتماد على مراقبة المنحدرات باستخدام انترنت الأشياء (Internet of Things) ، وعلى ماذكر فمشكلة الدراسة تتمثل في عدم معرفة نسبة الرطوبة لمكونات المنحدر والتي إذا نهارت قد ينجم عنها تهديدات وكوارث تلحق بالطرق الجبلية، ويقصد بمصطلح الانهيارات الأرضية في هذه الورقة انزلاق الحطام، والهدف الرئيسي للبحث هو تقييم دراسة فاعلية تكنولوجيا انترنت الأشياء في مراقبة ثبات المنحدرات من خلال تصميم شبكة مراقبة ذاتية منخفضة التكلفة للحصول نسبة المحتوى الرطوبي بناءً على المعطيات الحقلية والبيانات المعملية، وتكمن أهمية البحث في كونه بداية الانطلاقة لتطوير مجموعة أجهزة استشعار معقولة وفعالة (اندماج المستشعرات) للإنذار المبكر وبخاصة أن مثل هذه التطبيقات في مجال مراقبة الانهيارات غير موجودة في ليبيا.

2. الجانب العملي و المنهجية

اتبعت مراحل وفق دراسة ميدانية ومعملية لعينات مقلقة وأخيرة متعلقة بحساس الرطوبة والعرض التالي يوضح

1.2- المرحلة الأولى: قسمت هذه المرحلة لثلاث أجزاء: الجزء الأول اهتم بتجميع بيانات حقلية عن المنحدرات والتي تمثل جزءاً من الطريق الجبلي أبوغيلان شكل (1) وإحداثيات الموقع مدرجة بالجدول رقم (1) وسجلت جميع البيانات عن هندسة المنحدر ومواضع الضعف على المنحدرات الموازية للطريق لاحظ شكل المواضع 1,2,3 وتعد منحدرات مقطوعة واهم مكوناتها حطام صخري من دولومايت وحجر جيرى مع تداخلات من المارل والطين، وهي منحدرات غير ثابتة ومعرضة للإنهيار تحت تأثير الهطول المطري، وأدرجت البيانات بالجدول رقم (1)



شكل (1) مرئية فضائية توضح موقع المنحدرات.

واهتم الجزء الثاني بدراسة عينات مقلقة من المنحدر وأجريت عليها اختبارات بمعمل الصخور بكلية الهندسة جادو، والغرض من الاختبارات معرفة العلاقة بين قوة القص لمستوى الانهيار والضغط العادي الرأسى [7] وحساب نسبة المحتوى الرطوبي ونسبته عند إضافة كمية مياه 5mm، 25mm، 50 mm ومنها تم تحديد قيم زوايا الاحتكاك Friction Angle (ϕ) وقيم التماسك Cohesion C وأدرجت النتائج بالجدول (1).

جدول (1) المدخلات الحقلية والمعملية لبرنامج Rocplane

N32°16'24"		N32°16'10"		Location Coordinates
E13°00'58"		E13°01'25"		
Debris Of Dolomite And Limestone Within Marl And Clay				Type of rock
50mm	25 mm	5mm		water quantity
%19	%14.7	% 9.15		Humidity rate
11 متر	11 متر	11 متر		(Slope Height)
70 °	70 °	70 °		Failure Plane Angle
24.8 °	24.8 °	24.8 °		Upper Face Angle
91m	91m	91m		Bench Width
0.04	0.04	0.04		Seismic Coefficient

وتمثل الجزء الثالث في استخدام (RocPlane2.0Software) لتحليل وتقييم ثبات المنحدرات فهو يسمح للمستخدمين تقدير سعة الدعم المطلوبة لتحقيق معامل أمان محدد [7]، وأعتمد في هذه الدراسة على نموذج قوة

$$\tau = c + \sigma N \tan \phi + \dots [q1] \text{ . موهر والتي تستند على المعادلة [q1].}$$

3.2- المرحلة الثانية إعداد وتصميم نظام المراقبة

لأهمية مراقبة التشعب الرطوبي لمكونات المنحدر بناءً على المعطيات الحقلية والمعملية تم تصميم نموذج مراقبة

أولي للحطام الصخري المكون للمنحدر وتكون نظام المراقبة من لوحة **(NodeMCU**

esp8266 وحساس رطوبة (**humidity sensor**)، أسلاك توصيل و لوحة تثبيت القطع

الالكترونية (**Breadboard**)، وتمثلت طريقة العمل بإنشاء صفحة إلكترونية تسمى بخادم (**web**

server) تحمل العنوان (**http://192.168.1.105**) وصممت بواسطة البوتستراب هو إطار

عمل (**framework**) بلغة (**CSS, Script and HTM**) ، وأعتمد على برنامج الاربوينو

(**Arduino (ide) (Integrated development environment)** في كتابة الكود

البرمجي لنظام المراقبة شكل (2).



```

HUM_W
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 14

#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
// #define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)

const char* ssid = "AndroidAP";
const char* password = "123456789";
//char ssid[] = "LTT4G-06F5";
//char pass[] = "0916364016";
    
```

شكل (2) برنامج الاربوينو C

وتحتوي الصفحة أيضاً على واجهة تتيح مراقبة وقراءة البيانات الواردة من الحساس وعرضها على الصفحة

الجهاز المحمول بذات العنوان (<http://192.168.1.105>)، و تم ربط النظام بشبكة نت محلية بصفحة

(**web server**)، ومن أهم البيانات التي أدخلت للنظام نسب الرطوبة (**Humidity rate**) الناتجة

عن كميات مياه (**50mm,25mm,5mm**) وأدرج معامل الأمان للمنحدر والذي يمثل العلاقة بين القوة

الدافعة والقوة المقاومة (**F= Resisting Forces/ Driving Forces**) تمثل العلاقة قيمة معامل الأمان جدول(2)، ولتقييم فاعلية النظام في المراقبة تم توريد الماء على عينة حطام صخري من ذات الموقع الذي أجريت اختبارات معملية وبنفس الكميات المستخدمة معملياً شكل (3)، وتم رصد التغيرات الواردة من الحساس الناتجة عن التغير في نسب المحتوي الرطوبي بسرعة الى شبكة صفحة النظام.



شكل(3) مكونات نظام المراقبة.

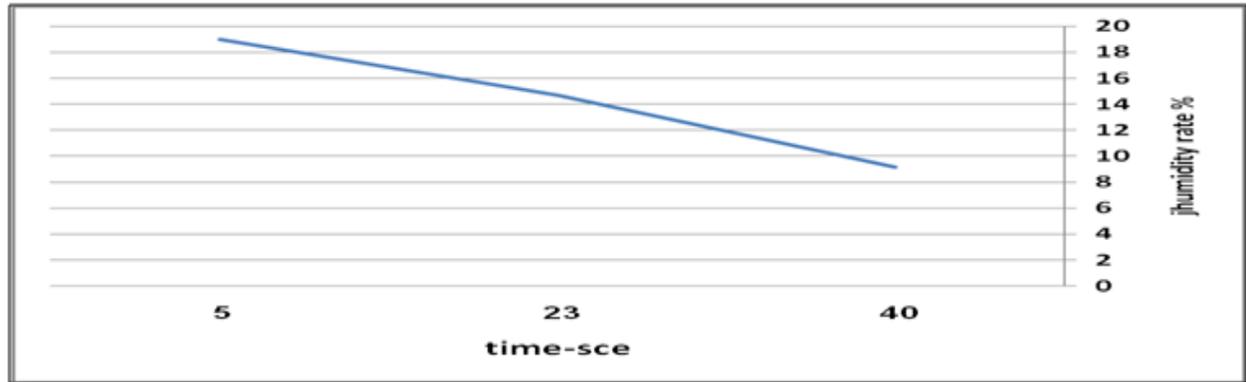
3. النتائج والمناقشة

1.3- نتائج الدراسة المعملية والميدانية: يعرض الجدول (2) النتائج المعملية ونتائج استخدام برنامج والتي يعتبر التغير في كمية المياه هو السبب الأبرز في تغيير نسبة الرطوبة وكذلك التغير في التماسك الداخلي (**Cohesion**) ونلاحظ من الشكل (3) العلاقة الطردية بين كمية المياه نسبة الرطوبة فكلما زاد كمية المياه زاد التشبع الداخلي المسؤول عن المحتوى الرطوبي ومع ذلك لم تتجاوز العينات الى نسبة تشبع 20% وذلك مرده لنوع الصخر وزمن الإمداد المائي وزاوية ميل المنحدر والمسامية والنفاذية للحطام الصخري.

جدول (2) نتائج الدراسة المعملية والميدانية

<i>Laboratory study results</i>			
50mm	25 mm	5mm	water quantity
%19	%14.7	% 9.15	Humidity rate
19.6°	25.4°	42.86°	(Friction Angle) .Ø
t/m28.34	t/m212.5	t/m218.23	(Cohesion). C
<i>RocPlane Software Results</i>			
29.2503 t/m	25.9389 t/m	22.9955 t/m	(Driving Force)
116.034 t/m	172.8 t/m	253.01 t/m	(Resisting Force)
3.96693	6.66206	11.0027	(Factor of Safety)

و حدث تغير في معامل الأمان بعلاقة عكسية مع كلا من نسبة الرطوبة وكمية المياه لاحظ شكل (4) فكلما اقتربت النسبة بين (**Resisting Force**) و (**Driving Force**) من الرقم (1) فإن ذلك يعد مؤشر على قرب حدوث الإنهيار، ومن هنا تأتي صعوبة مراقبة الانهيار الناجم عن التغير في نسب الرطوبة.



شكل(4) العلاقة بين كمية المياه ونسبة الرطوبة ومعامل الأمان

2.3- نتائج استخدام نظام المراقبة: عند إضافة كمية مياه (5 mm) للحطام الصخري بدء النظام في استقبال البيانات وسجلت أول قراءة لنسبة الرطوبة متوافقة مع القراءة المدخلة لنظام بقيمة (14.7%) وحل النظام أيضاً العلاقة بين القوة المقاومة والقوة الدافعة ليعطي مؤشراً على استقرار المنحدر بمعامل أمان بلغت قيمته (11) شكل(5)، وبالنسبة لزمان تسجيل البيانات من بداية إضافة كمية المياه بلغ (40 ثانية).



شكل (5) صفحة نظام المراقبة عند كمية مياه 5 mm

وبإضافة كمية مياه (25mm) سجلت نسبة الرطوبة للحطام (**Humidity debris sensor**) قيمة 14.7% في زمن قدره ثلاثة وعشرون ثانية (23) متزامناً معها تسجيل قيمة جديدة لمعامل الأمان بقيمة بلغت (6.66) شكل (6)، وبذلك يكون المنحدر في حالة اتزان رغم انخفاض تماسكه نتيجة زيادة كمية المياه.



شكل (6) صفحة نظام المراقبة عند كمية مياه 25 mm

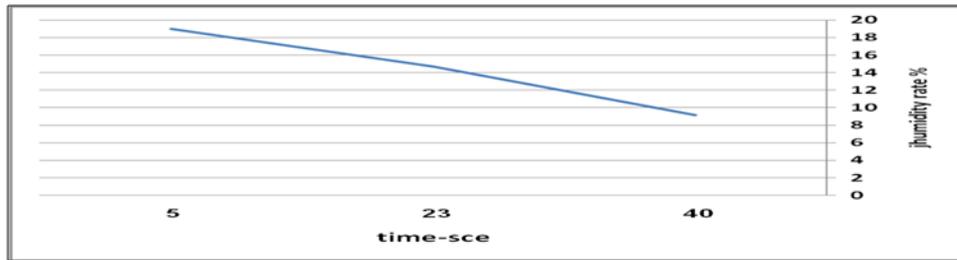
وعند إضافة كمية مياه (50mm) حدث تغير سريع في نسبة (**Humidity rate**) وسجلت بقيمة (19%) وبرزت في صفحة النظام تحت مسمى (**sensor Humidity debris**) شكل (7) وبالنسبة لمعامل الأمان انخفض بقيمة (3.96) في زمن قدره خمسة ثوان (5 ثوان) وبالتالي فالمنحدر يقترب من الإنهيار وهو في حالة اختناق إما أن يزداد الإجهاد فينهار أو تزال القوة فيقل الإجهاد ويبقى في حالة اتزان.



شكل (6) صفحة نظام المراقبة عند كمية مياه 50 mm

ومن النتائج المتحصل عليها أيضا أنه كلما زادت كمية المياه زاد نسبة الرطوبة وقل زمن التشبع جدول (3) فعامل الزمن مهم في حدوث الانهيار ويعتبر رصد ومراقبة المنحدر مع الزمن ذو فاعلية في فهو يتيح اتخاذ القرار المناسب في الوقت، وعن سبب تسجيل زمن 40 ثانية في 5MM أن العينة كانت شبه جافة فاستغرقت زمن حتى وصلت لنسبة الرطوبة (9.15 %) شكل (7).

جدول (3) نتائج الدراسة المعملية والميدانية			
50mm	25 mm	5mm	water quantity
%19	%14.7	% 9.15	Humidity rate
25	23	40	Time- sec



شكل (7) العلاقة نسبة الرطوبة والزمن مع كل تغير في كمية المياه.

4. الخاتمة والتوصيات

بالرغم من التكلفة البسيطة لإعداد نظام مراقبة ثبات مكونات المنحدر بواسطة تكنولوجيا انترنت الأشياء، فقد أوضحت النتائج فاعلية النظام في رصد التغيرات؛ وليكون النظام ذو فاعلية ويمكن الاعتماد عليه يجب الأخذ في الاعتبار صدق البيانات الحقلية والمعملية والبرمجية المدخلة للنظام، وان لا يتم الاعتماد على بيانات من نسج الخيال، وتوصي الدراسة بضرورة العمل تطوير الدراسة من خلال تطبيق نظام المراقبة على المنحدرات في الطبيعة، مع التأكيد بإدخال مستشعرات أخرى مثل مستشعر الاهتزاز ومستشعر الحركة للكامل الصخرية

المراجع

- 1 Listyorini, T. ; Rahim, R., A prototype fire detection implemented using the Internet of Things and fuzzy logic. *World Trans. Eng. Technol. Educ*, 16(1), 2018,pp.42-46.
- 2 Rahim, R., Nurdiyanto, H., Abdullah, D., Hartama, D., & Napitupulu, D. Keylogger application to monitoring users activity with exact string matching algorithm. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 954, No. 1, p. 012008), 2018. IOP Publishing.
- 3 Rahim, R., Sudarsana, I. K., Manikandan, R., Napitupulu, D., Listyorini, T., Kurniasih, N., ... & Manurung, S. S. Humidity and Temperature Prototype for Education with Internet Of Thing. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(16), (2018). pp 2487-2491.
- 4 Youssef, A. M., Maerz, N. H Slope stability hazard assessment and mitigation methodology along eastern desert Aswan-Cairo highway, Egypt. *Earth Sciences*. 2009 [Online] Available from.PP: 161-181
- 5 Susanto, E., Budiman, F., Mukhtar, D. P. H., & Latief, M. H, November). Slope, humidity and vibration sensors performance for landslide monitoring system. In *IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)*,2019 (pp. 139-142).
- 6 Youssef, A. M., & Maerz, N. H. (2009). Slope stability hazard assessment and mitigation methodology along eastern desert Aswan-Cairo highway, Egypt. *Earth Sciences*, 20(2).
- 7 User's Guide for Rocplane software. Rocscience Inc,2001, <https://www.rocscience.com/downloads/rocplane/RocPlaneReference.pdf> pp. 1-70.