

# Evaluation of the Accuracy of the Two Kinematic Observing Methods in Global Navigation Satellite Systems Within Forests

Dr. Nada Mahfoud\*

Dr. Fayez Deeb\*\*

Ali Dawod\*\*\*

(Received 28 / 1 / 2024. Accepted 23 / 4 / 2024)

## □ ABSTRACT □

In order to manage natural resources and forests and demarcate their boundaries, Global Navigation Satellite Systems (GNSS) contribute to meeting a number of the needs of natural resources specialists, such as forest demarcation, positioning, and mapping, so its accuracy must be assessed. Therefore, the main objective of this research is to evaluate the accuracy of the two Kinematic observing methods in Global Navigation Satellite Systems (GNSS).

The first is the Post Processing Kinematic method (PPK), and the second is the method of Real Time Kinematic (RTK), by determining the perimeter and area of the forest, as well as the locations of the surrounding polygon points and the locations of the trees within it, with each of these two methods and comparing the results with the values resulting from observing in the traditional method (Total Station).

The results were presented in tables and charts, and indicated that the RTK method of locating polygon points surrounding the forest or its trees has better accuracy than the PPK method, but when calculating the area or perimeter, the accuracy of both methods is similar.

**Keywords:** Kinematic, Global Navigation Satellite Systems, Forest, Accuracy, RMSE.

**Copyright**



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

---

\* Assistant Professor, Department of Topographical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\* Postgraduate student, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria, alidawod529@gmail.com

## تقييم دقة طريقتي الرصد الحركي في نظم الملاحة العالمية بالأقمار الصناعية ضمن الغابات

د. ندى محفوظ \*

د. فايز ديب \*\*

علي داود \*\*\*

(تاريخ الإيداع 28 / 1 / 2024. قُبِلَ للنشر في 23 / 4 / 2024)

### □ ملخص □

يهدف إدارة الموارد الطبيعية والغابات وترسيم حدودها فإن نظم الملاحة العالمية بالأقمار الصناعية GNSS (Global Navigation Satellite Systems) تساهم في تلبية عدد من احتياجات المتخصصين في الموارد الطبيعية كترسيم حدود الغابات وتحديد المواقع ورسم الخرائط، لذلك لابد من تقييم دقتها. وبالتالي فإن الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تقييم دقة طريقتي الرصد الحركي في نظم (GNSS Global Navigation Satellite Systems)، الأولى هي طريقة الرصد الحركي مع المعالجة اللاحقة PPK (Post Processing Kinematic) وأما الثانية فهي طريقة الرصد الحركي في الزمن الحقيقي RTK (Real Time Kinematic) وذلك بتحديد محيط ومساحة الغابة وأيضاً مواقع نقاط المضلع المحيط بها ومواقع الأشجار ضمنها بكل من هاتين الطريقتين ومقارنة النتائج مع القيم الناتجة من الرصد بالطريقة التقليدية (جهاز المحطة المتكاملة). تم عرض النتائج في جداول ورسوم بيانية، وأشارت إلى أن طريقة RTK في تحديد مواقع نقاط المضلع المحيط بالغابة أو أشجارها ذات دقة أفضل من طريقة PPK، وأما عند حساب المساحة أو المحيط فإن دقة كلتا الطريقتين متقاربة.

**الكلمات المفتاحية:** النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية، الطريقة الحركية مع المعالجة اللاحقة، الطريقة الحركية في الزمن الحقيقي، الغابات.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

\* أستاذ مساعد - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\* أستاذ - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*\* طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

alidawod529@gmail.com

**مقدمة:**

من أجل وضع خطة إدارة متكاملة لمناطق الغابات لا بد من جمع المعلومات حول الاستخدامات الحالية للأرض والمشاكل المرتبطة بها، وحصراً وجود موارد الغابة (جرد أنواع الغطاء النباتي ونمذجته) وتحديد مساحتها على وضعيتها الراهنة، وذلك من خلال مصادر متعدّدة أهمّها الخريطة التي يتم وضعها باستعمال الوسائل الحديثة والتي منها النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية GNSS.

إلا أنّ وجود عوائق للإشارات المستقبلية من الأقمار الصناعية كانت أحد مشاكل الرصد بنظام GPS والتي بدأ التغلب عليها بعد ظهور نظم GNSS والتطوّر السريع في أجهزة الاستقبال والتنوّع في طرق الرصد.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تكمن أهمية البحث في دراسة إمكانية استخدام طريقتي الرصد الحركي في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية لحساب محيط ومساحة الغابة وتحديد مواقع الأشجار ضمنها من خلال مقارنة أدائها من حيث الدقة وتوفير الوقت مع القياسات بالطريقة التقليدية واختيار الطريقة الأنسب للرصد في الغابة لكل من الأعمال السابقة. لذلك يهدف هذا البحث إلى تحديد دقة مواقع الأشجار وكذلك محيط ومساحة الغابات باستخدام النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية GNSS ومقارنتها مع الدقة الناتجة من المساحة التقليدية باستخدام (Total Station)، وذلك بعد التغلب على نوع وكثافة الغطاء النباتي المؤثر على إشارة الأقمار الصناعية وذلك باختيار ظروف الرصد الملائمة من حيث طريقة الرصد وارتفاع جهاز الاستقبال.

**طرائق البحث ومواده:**

تم التركيز في القسم النظري على أساسيات نظم الملاحة العالمية بالأقمار الصناعية (GNSS) وأنواع طرق الرصد بها، أما القسم العملي فاهتم بعرض الإحداثيات الناتجة عن الرصد بالطريقة التقليدية ونتائج فروق الإحداثيات لنقاط المضلع ومواقع الأشجار المختبرة بين طريقتي الرصد الحركي باستخدام النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية (GNSS) والطريقة التقليدية بالإضافة لمقارنة محيط ومساحة الغابة، مع تغيير في مدة الرصد وارتفاع جهاز الاستقبال ثم مقارنة النتائج واستخلاص بعض النتائج والتوصيات.

**أساسيات نظم الملاحة العالمية بالأقمار الصناعية (GNSS):**

تعرف نظم الملاحة العالمية بالأقمار الصناعية GNSS بأنها الأنظمة التي تعتمد على الأقمار الصناعية في تحديد الموقع الفراغي على مستوى العالم وذلك في كافة الظروف المناخية، وعلى مدار الساعة. وتتألف نظم (GNSS) من نظام تحديد المواقع العالمي الأمريكي (GPS)، نظام الملاحة العالمي الروسي (GLONASS)، نظام الملاحة الأوروبي (GALILEO)، ونظام الملاحة العالمي الصيني (BEIDOU) [1] [2]. وهي موضحة ضمن الشكل (1).



الشكل (1) بنية نظم الملاحة العالمية بالأقمار الصناعية (GNSS)

### طرق الرصد في نظم (GNSS):

تقسم طرق الرصد في نظم (GNSS) إلى [1] [2]:

#### (1) الرصد الثابت (Static):

في هذه الطريقة يتم وضع جهاز استقبال GNSS فوق النقاط المراد رصدها دون تحريك الجهاز فترة زمنية معينة لا تقل عن 30 دقيقة، وتختلف هذه الفترة باختلاف المسافة بين جهاز الاستقبال المرجعي (Reference) وجهاز الاستقبال المتحرك (Rover) وتم استخدامها في حساب مواقع نقاط المضلع المحيط بالغابة.

#### (2) الرصد الثابت السريع (Rapid Static):

تختلف هذه الطريقة عن طريقة الرصد الثابت في الفترة الزمنية اللازمة للرصد، وفيها يتم وضع جهاز استقبال GNSS فوق النقاط المراد رصدها دون تحريك الجهاز فترة زمنية معينة (من 5-15 دقيقة)، وتختلف هذه الفترة باختلاف المسافة بين جهاز الاستقبال المرجعي والمتحرك وتم استخدامها في حساب مواقع نقاط المضلع المحيط بالغابة.

#### (3) الرصد المتحرك مع المعالجة اللاحقة (Post Processing Kinematic):

في هذه الطريقة يتم وضع جهاز استقبال GNSS المرجعي (Reference) فوق النقطة المعلوم إحداثياتها ويتم التحرك على النقاط المراد رصدها بجهاز الاستقبال الثاني (Rover) بعد وضع هوائي الاستقبال على حامل أو عصا. من فوائد هذه الطريقة أنها تتطلب عدداً منخفضاً من المعدات والتقنيات لتنفيذ الأرصاد الحقلية، لا تتطلب معرفة الإحداثيات الدقيقة للنقطة الثابتة لحظة تنفيذ الأرصاد، تعد طريقة رصد مفيدة عندما تعيق التضاريس أو المعدات المتوفرة من القدرة على نقل معدات إضافية إلى منطقة العمل للحصول على الإحداثيات لحظة تنفيذ الأرصاد وعندما لا

يكون من الضروري الحصول على التصحيحات في الزمن الحقيقي. إلا أن المعالجة اللاحقة للأرصاء التي تتطلبها هذه الطريقة تمنع من استخدامها في الأعمال المساحية التي تتطلب معرفة العناصر الهندسية كالمسافات أو الإحداثيات لحظة تنفيذ الأرصاد كأعمال التوقيع المساحي [3]. ويوجد نوعان من هذه الطريقة هما:

• التوقف والذهاب (Stop & Go):

ترتبط هذه الطريقة بين الطريقة الساكنة وعناصر الطريقة الحركية ولذلك تسمى نصف الحركية وتعتبر هذه الطريقة فعالة عند الحاجة إلى تنفيذ قياسات سريعة تفصيلية.

تبدأ القياسات عادة على قاعدة أساسية معروفة بقياس ساكن ولمدة قصيرة بهدف تحديد العدد الكامل لأدوار الطور (وهو ما يعرف بالتهيئة Initialization) وبعدها يبقى جهاز استقبال واحد ثابت طيلة زمن الرصد وجهاز استقبال آخر، أو عدة مستقبلات تنقل على النقاط وتتوقف لترصد على كل نقطة من 2-8 دورات قياسية.

• الرصد المستمر (Continuous):

تعتمد هذه الطريقة على القياس المستمر لجهازي استقبال يعملان بأن واحد أحدهما في حركة مستمرة بالنسبة إلى آخر مثبت على محطة مرجعية طيلة زمن القياسات.

(4) الرصد المتحرك اللحظي (Real Time Kinematic):

وهذه الطريقة تشبه طريقة الرصد المتحرك إلا أن جهازي الاستقبال في هذه الطريقة يتم تزويدهما بوحدة إرسال لاسلكي فيقوم جهاز الاستقبال المرجعي (Reference) باستقبال إشارات الأقمار الصناعية ومعالجتها لاستخلاص قيمة الخطأ في إحداثيات النقطة وإرسال هذه البيانات إلى جهاز الاستقبال المتحرك (Rover). ومن خلال البرنامج الحاسوبي بجهاز الاستقبال المتحرك (Rover) يتم حساب إحداثيات النقط المرصودة تبعاً للنقطة المرجعية (Reference)، مما يمكن المساح من إيجاد إحداثيات النقطة المرفوعة فور الانتهاء من عملية الرصد.

يبين الجدول (1) مقارنة بين ميزات وعيوب طريقتي الرصد المتحرك في نظم GNSS (طريقة الرصد المتحرك مع المعالجة اللاحقة وطريقة الرصد المتحرك في الزمن الحقيقي) [3].

الجدول (1): ميزات وعيوب طرق الرصد المتحرك في نظم GNSS

طريقة الرصد	الميزات	العيوب
الرصد المتحرك مع المعالجة اللاحقة (Post-Processing Kinematic)	<ul style="list-style-type: none"> <li>تتطلب عدداً منخفضاً من المعدات والمرفقات مع أجهزة الاستقبال لتنفيذ الأرصاد الحقلية.</li> <li>انخفاض التكلفة وأقل تعقيداً في تنفيذ الأرصاد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>لا يمكن الحصول على الإحداثيات المصححة قبل أن تتم معالجة الأرصاد وبالتالي تستخدم في أعمال الرفع الطبوغرافي فقط.</li> </ul>
الرصد المتحرك في الزمن الحقيقي (Real Time Kinematic)	<ul style="list-style-type: none"> <li>إمكانية حساب التصحيحات لإحداثيات النقاط المجهولة ضمن منطقة العمل لحظة تنفيذ الأرصاد.</li> <li>إمكانية حساب الإحداثيات المصححة ضمن نظام الإحداثيات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>زيادة كبيرة في تكلفة المعدات اللازمة لتنفيذ الأرصاد الحقلية.</li> <li>ضرورة وجود اتصال لاسلكي بين القاعدة (Base) والجهاز المتحرك (Rover).</li> </ul>

<p>• يجب أن تكون القاعدة (Base) معروفة الإحداثيات لنتمكن من الاستفادة من ميزات هذه الطريقة.</p>	<p>المطلوب بشكل مباشر ضمن منطقة العمل وبالتالي يمكن استخدامها في أعمال الرفع والتوقيع.</p>	
---	--	--

### النتائج والمناقشة:

من أجل تقييم طريقتي الرصد الحركي في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية (GNSS) في الغابات بالمقارنة مع الطريقة التقليدية تم إجراء القياسات الحقلية ضمن جامعة تشرين، في المنطقة الواقعة بين كلية الهندسة المدنية، كلية الآداب وكلية الاقتصاد التي تحتوي أنواع مختلفة من الأشجار عمرها بين 10-30 سنة وبارتفاعات مختلفة تتراوح بين 1.5-8 متر، يبين الشكل (2) موقع منطقة العمل مع نقاط الموضع.



الشكل (2): منطقة العمل

تم تحديد المساحة والمحيط لمنطقة الدراسة بإنشاء مضلع مغلق يتألف من 10 نقاط تحيط بها وذلك بعد حساب احداثيات المضلع باستخدام كل من الطريقة التقليدية (جهاز Total Station نوع South) وباستخدام تقنية GNSS جهاز (Hi-Target)، حيث تم دراسة تأثير طريقة الرصد، ارتفاع جهاز الاستقبال، مدة الرصد على دقة الرصد الحركي في النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية، ويبين الجدول (2) احداثيات نقاط المضلع (X,Y) التي تم الحصول عليها بالطريقة التقليدية باستخدام جهاز Total Station نوع South في الجدول (2).

الجدول (2): إحداثيات نقاط المضلع بالطريقة التقليدية

النقطة	X (m)	Y (m)
R	-303025.554	151744.461
A1	-303026.176	151763.687
A2	-303066.242	151758.640
A3	-303080.573	151728.95
A4	-303076.515	151693.671
A5	-303071.401	151650.402
A6	-303048.207	151620.710
A7	-303001.711	151667.325
A8	-303005.118	151691.743
A9	-303020.659	151719.862

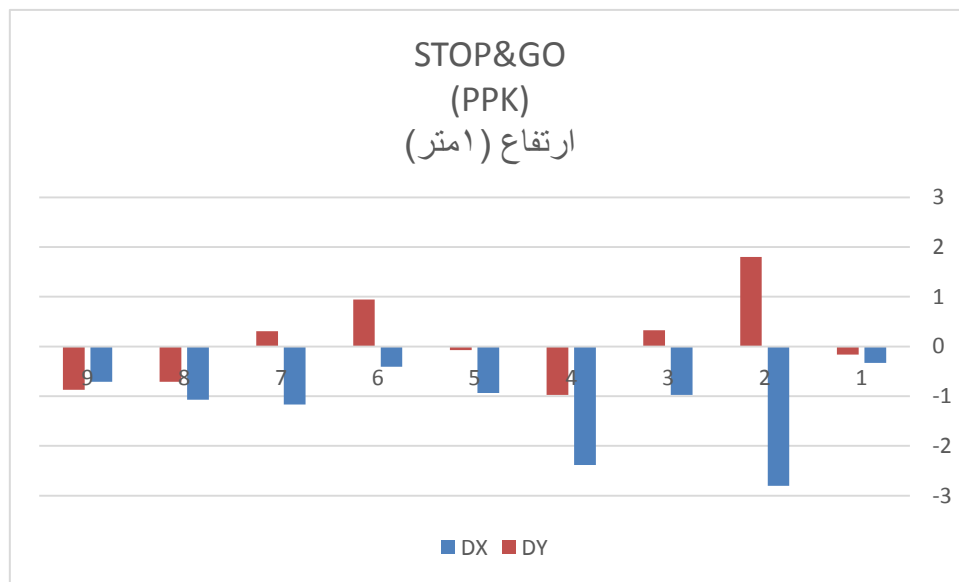
الحالة الأولى: (طريقة الرصد الحركي مع المعالجة اللاحقة (PPK))

استخدم لإنجاز العمل الحقلية جهازي استقبال من نوع Hi-Target، جهاز استقبال مرجعي فوق النقطة (R) المعلومة الإحداثيات بينما الجهاز الآخر ينقل فوق النقاط المجهولة الإحداثيات، حيث كانت مدة الرصد دقيقة لكل نقطة من نقاط المضلع وبالتالي فإن فترة الرصد الإجمالية 9 دقائق، وكان لدينا حالتين لارتفاع جهاز الرصد المنقول فوق نقاط المضلع المجهولة الاحداثيات (متر ومترين). وتمت معالجة البيانات باستخدام برنامج (HGO). باستخدام البيانات التي تم جمعها، سيتم حساب فروق الاحداثيات والاختلاف في المحيط والمساحة بتقنية GNSS ما بين طريقة PPK والطريقة التقليدية.

تم عرض النتائج لفروق الإحداثيات ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ) بين الطريقة التقليدية والطريقة الحركية (PPK) لنقاط المضلع في الجدول (3). ويبين الشكلين (4) و(5) قيم فروق الاحداثيات على ارتفاع متر وعلى ارتفاع مترين.

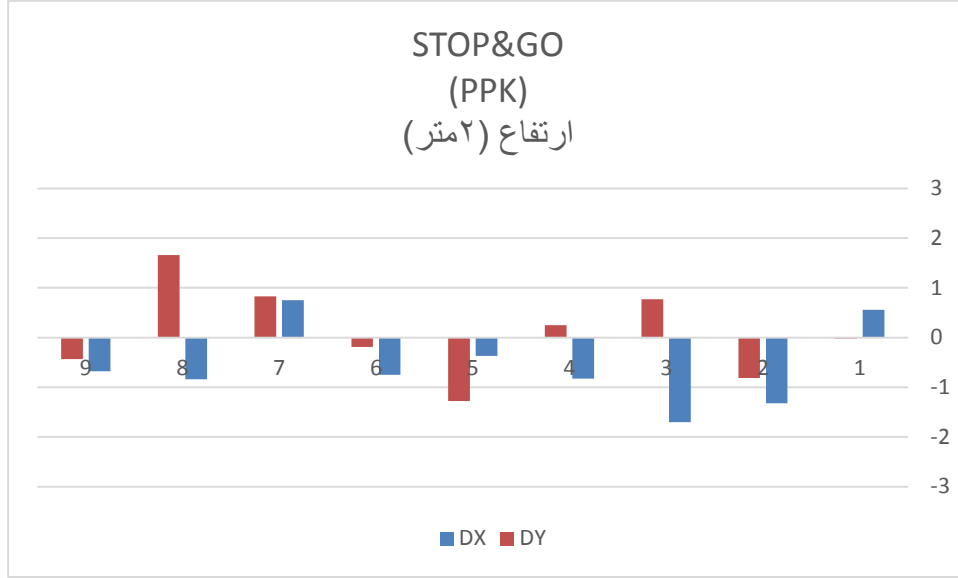
الجدول (3): فروق الإحداثيات لنقاط المضلع ما بين طريقة الرصد الحركي مع المعالجة اللاحقة (PPK) والطريقة التقليدية.

النقاط	فروق الاحداثيات على ارتفاع (1m)		فروق الاحداثيات على ارتفاع (2m)	
	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)
A1	-0.333	-0.166	0.555	-0.021
A2	-2.8	1.798	-1.321	-0.81
A3	-0.974	0.328	-1.699	0.771
A4	-2.382	-0.977	-0.825	0.246
A5	-0.935	-0.074	-0.368	-1.274
A6	-0.405	0.943	-0.75	-0.187
A7	-1.166	0.307	0.748	0.831
A8	-1.068	-0.712	-0.84	1.662
A9	-0.708	-0.874	-0.678	-0.434
Min	-0.333	-0.074	-0.368	-0.021
Max	-2.382	1.798	-1.699	1.662
Average	1.197	0.687	0.865	0.693
$\sigma_P$ (m)	1.775		1.353	



الشكل (3): فروق الإحداثيات  $\Delta X$  (m) و  $\Delta Y$  (m) عند ارتفاع متر



الشكل (4): فروق الإحداثيات  $\Delta X$  (m) و  $\Delta Y$  (m) عند ارتفاع مترين

الحالة الثانية: (طريقة الرصد الحركي في الزمن الحقيقي RTK)

لإنجاز العمل الحقلّي تم استخدام جهازي استقبال من نوع Hi-Target مع راديو بث خارجي وهوائي بث التصحيحات، حيث تم تثبيت جهاز استقبال مرجعي فوق النقطة (R) المعلومة الإحداثيات بينما الجهاز الأخر ينقل فوق النقاط المجهولة الإحداثيات، وأما مدة الرصد لكل نقطة من نقاط المضلع فهي 10 ثواني وبالتالي فإن فترة الرصد الإجمالية 1.5 دقيقة، وكان لدينا حالتين لارتفاع جهاز الرصد المنقول فوق نقاط المضلع المجهولة الإحداثيات (متر ومترين).

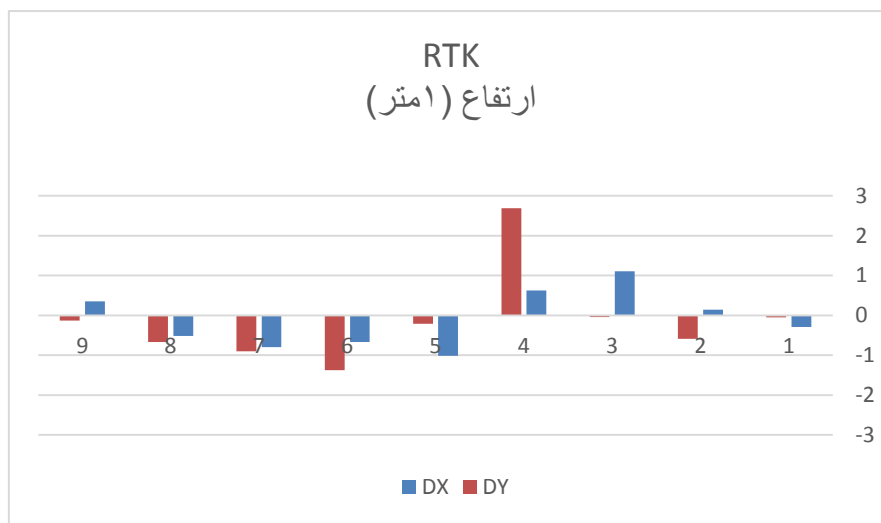
باستخدام البيانات التي تم جمعها، سيتم حساب فروق الإحداثيات والاختلاف في المحيط والمساحة ما بين طريقة PPK والطريقة التقليدية.

تم عرض النتائج لفروق الإحداثيات ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ) بين الطريقة التقليدية والطريقة الحركية (RTK) لنقاط المضلع في الجدول (4). ويبين الشكلين (6) و (7) قيم فروق الإحداثيات على ارتفاع متر وعلى ارتفاع مترين.

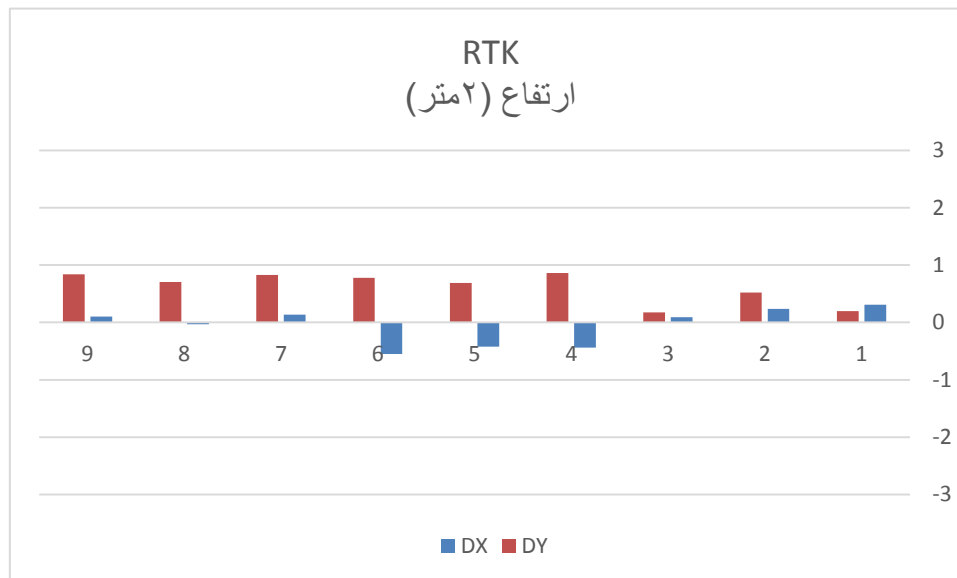
الجدول (4): فروق الإحداثيات لنقاط المضلع

النقاط	فروق الإحداثيات على ارتفاع (1m)		فروق الإحداثيات على ارتفاع (2m)	
	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)
A1	-0.293	-0.052	0.308	0.196
A2	0.145	-0.588	0.237	0.524
A3	1.105	-0.039	0.094	0.174
A4	0.621	2.688	-0.441	0.861
A5	-1.012	-0.212	-0.422	0.689
A6	-0.668	-1.374	-0.548	0.78

A7	-0.797	-0.899	0.138	0.83
A8	-0.517	-0.667	-0.033	0.709
A9	0.355	-0.128	0.105	0.838
Min	0.145	-0.052	-0.033	0.174
Max	1.105	2.688	-0.548	0.861
Average	0.613	0.738	0.258	0.622
$\sigma_P$ (m)	1.369		0.785	



الشكل (5): فروق الإحداثيات  $\Delta X$  (m) و  $\Delta Y$  (m) عند ارتفاع متر



الشكل (6): فروق الإحداثيات  $\Delta X$  (m) و  $\Delta Y$  (m) عند ارتفاع مترين

وسيتم تقييم دقة طريقتي الرصد الحركي اعتماداً على الجداول والأشكال السابقة وفق ما يلي:

أ. دقة تحديد نقاط المصّلع:

- بلغت قيمة الخطأ المتوسط التربيع  $\sigma_p$  تبعاً ل طريقة الرصد الحركي (PPK) مقارنة مع طريقة الرصد التقليدية 1.775m على ارتفاع متر لجهاز الاستقبال المتحرك (Rover). وعند زيادة ارتفاع عصا جهاز الاستقبال المتحرك إلى مترين زادت الدقة بشكل طفيف حيث بلغ الخطأ المتوسط التربيع 1.353m، وبالتالي نجد أن الخطأ في تحديد مواقع النقاط كان أقل عند زيادة ارتفاع جهاز الاستقبال.
  - أما بالنسبة لطريقة الرصد الحركي RTK كان أداؤها أفضل حيث بلغ الخطأ المتوسط التربيع  $\sigma_p$  عندها 1.369m على ارتفاع متر لجهاز الاستقبال المتحرك (Rover). وعند زيادة ارتفاع عصا جهاز الاستقبال المتحرك إلى مترين زادت دقة تحديد الموقع بشكل جيد حيث بلغ الخطأ المتوسط التربيع 0.785m، وبالتالي نجد أن دقة تحديد الموقع كان أفضل بكثير عند زيادة ارتفاع جهاز الاستقبال.
- بتحليل الخطأ المتوسط التربيع للطريقتين تشير هذه النتائج إلى أن الخطأ في تحديد الموقع كان أفضل عند استخدام الجهاز على ارتفاع مترين في كلتا الطريقتين حيث يتيح زيادة ارتفاع هوائي مستقبل النظام العالمي للأقمار الصناعية تحقيق دقة تحديد المواقع الأفقية بشكل أفضل لنقاط المصّلع المحيط بالغابة، حيث من خلال رفع الهوائي يمكن أن نتوقع زيادة عدد الأقمار الصناعية المرئية وانخفاض تأثير أوراق الشجر وبالتالي تحسن دقة تحديد الموقع، وكذلك تشير النتائج إلى أن طريقة الرصد الحركي (RTK) أعطت نتائج أفضل بكثير من طريقة الرصد الحركي (PPK) و كذلك استغرقت زمن أقل لجمع البيانات في جميع الحالات.

المحيط: بلغ محيط منطقة الدراسة باستخدام جهاز Total Station 342.524m بينما بلغت حسب:

- طريقة الرصد الحركي (PPK) على ارتفاع متر لجهاز الاستقبال المتحرك 341.661m، وعند زيادة ارتفاع عصا جهاز الاستقبال المتحرك بلغت 339.557m على ارتفاع مترين لجهاز الاستقبال المتحرك، عند مطابقة المحيط الناتج عن مستقبلات GNSS باستخدام طريقة الرصد الحركي (PPK) مع المحيط الحقيقي كانت النتائج كما في الجدول (5).
- طريقة الرصد الحركي (RTK) على ارتفاع متر لجهاز الاستقبال المتحرك 342.371m، وعند زيادة ارتفاع عصا جهاز الاستقبال المتحرك بلغت 342.942m على ارتفاع مترين لجهاز الاستقبال المتحرك، عند مطابقة المحيط الناتج عن مستقبلات GNSS باستخدام طريقة الرصد الحركي (RTK) مع المحيط الحقيقي كانت النتائج كما في الجدول (5).

الجدول (5): النسبة المئوية للتوافق في المحيط

طريقة الرصد الحركي	النسبة المئوية للتوافق في المحيط	
	ارتفاع جهاز المتحرك (1m)	ارتفاع جهاز المتحرك (2m)
PPK	99.746	99.134
RTK	99.955	99.878

نلاحظ أن الفرق بين المحيط المقدر بواسطة مستقبلات GNSS والمحيط الحقيقي تأثر بشكل طفيف بتغير ارتفاع جهاز الاستقبال المتحرك، وبالمثل فإن النسبة المئوية للتوافق في المحيط بين محيط المنطقة المحسوبة بواسطة مستقبلات (GNSS) والمحيط الحقيقي لم تكن مختلفة في حالة الارتفاعين. وكذلك أن الفرق في المحيط لم يكن مختلفاً باختلاف طرق الرصد الحركي وبالتالي فإن طريقة الرصد الحركي مع المعالجة اللاحقة لم تعطي نتائج أفضل من طريقة الرصد الحركي اللحظي.

- المساحة:** بلغت مساحة منطقة الدراسة باستخدام جهاز Total Station  $7109.713m^2$  بينما بلغت حسب:
- طريقة الرصد الحركي (PPK) على ارتفاع متر لجهاز الاستقبال المتحرك  $6998.293m^2$ ، وعند زيادة ارتفاع عصا جهاز الاستقبال المتحرك إلى مترين بلغت  $7010.398m^2$ ، عند مطابقة المساحة الناتجة عن استخدام طريقة الرصد الحركي (PPK) مع المساحة الحقيقية كانت النتائج كما في الجدول (6).
  - طريقة الرصد الحركي (RTK) على ارتفاع متر لجهاز الاستقبال المتحرك  $7147.369m^2$ ، وعند زيادة ارتفاع عصا جهاز الاستقبال المتحرك إلى مترين بلغت  $7107.099m^2$ ، عند مطابقة المساحة الناتجة عن استخدام طريقة الرصد الحركي (RTK) مع المساحة الحقيقية كانت النتائج كما في الجدول (6).

الجدول (6): النسبة المئوية للتوافق في المساحة

طريقة الرصد الحركي	النسبة المئوية للتوافق في المساحة	
	ارتفاع جهاز المتحرك (1m)	ارتفاع جهاز المتحرك (2m)
PPK	98.411	98.603
RTK	99.462	99.963

نلاحظ أن الفرق بين المساحة المقدر بواسطة مستقبلات GNSS والمساحة الحقيقية تأثر بشكل طفيف بتغير جهاز الاستقبال المتحرك، وبالمثل فإن النسبة المئوية لمساحة الاتفاق بين مساحة المنطقة المحسوبة بـ GNSS والمساحة الحقيقية لم تكن مختلفة في حالة الارتفاعين. وكذلك أن الفرق في المساحة لم يكن مختلفاً باختلاف طرق الرصد الحركي. يبدو أن طرق الرصد الحركي المختلفة لا تؤدي إلى فروقات ذات دلالة احصائية في كل من الحالات السابقة، ولوحظت نفس النتيجة بشكل أساسي كما هو الحال مع المحيط.

**دقة مواقع الأشجار:** تم قياس موقع 64 شجرة باستخدام طرق المسح التقليدية في مواقع مختلفة من الغابة وهي موضحة ضمن الجدول (7)، وتم رفع مواقع الأشجار باستخدام أجهزة GNSS باستخدام طرق الرصد الحركي (PPK) و (RTK) حيث كان ارتفاع جهاز الاستقبال المتحرك في الطريقتين مترين.

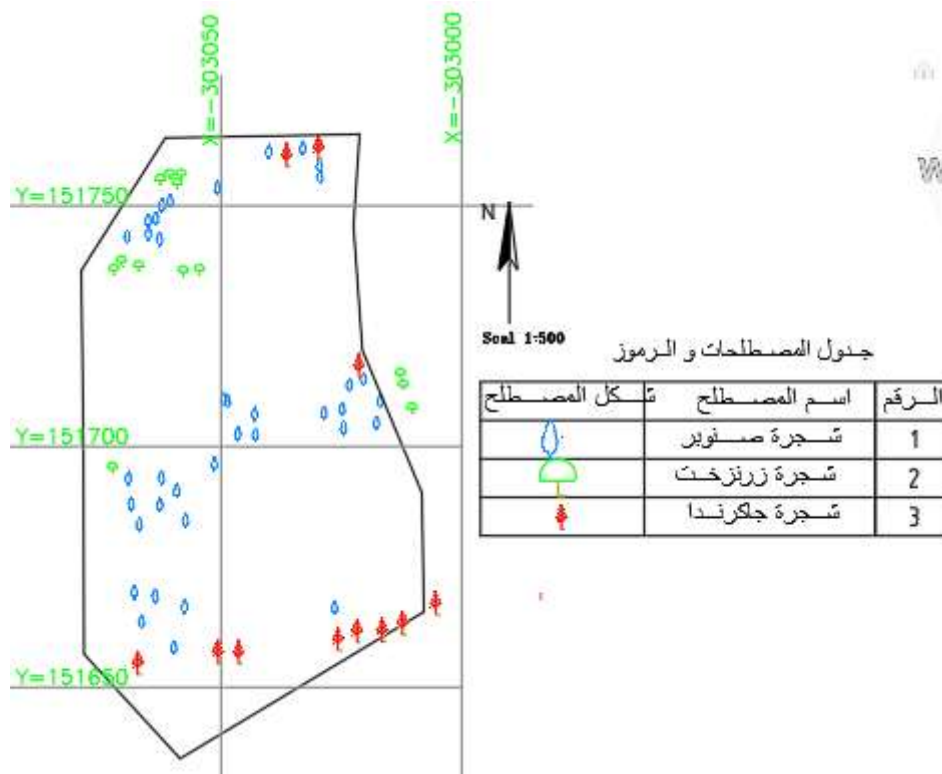
الجدول (7): احداثيات مواقع الأشجار باستخدام الطريقة التقليدية.

رقم الشجرة	X	Y	رقم الشجرة	y	x
1	-303029.791	151760.805	41	-303073.365	151693.052
2	-303030.367	151758.03	42	-303068.342	151690.469
3	-303030.604	151755.387	43	-303068.513	151686.086
4	-303034.501	151760.918	44	-303066.553	151682.342

5	-303037.937	151761.043	45	-303062.865	151686.131
6	-303041.436	151761.356	46	-303061.52	151691.728
7	-303054.213	151775.484	47	-303057.674	151688.259
8	-303051.379	151751.134	48	-303057.538	151682.91
9	-303058.312	151735.328	49	-303052.514	151693.066
10	-303054.993	151735.335	50	-303068.362	151655.023
11	-303061.335	151748.705	51	-303066.734	151661.383
12	-303063.371	151748.091	52	-303067.148	151668.233
13	-303063.001	151744.995	53	-303060.585	151657.855
14	-303065.017	151744.26	54	-303063.366	151667.168
15	-303069.326	151741.205	55	-303057.392	151664.735
16	-303064.713	151742.087	56	-303005.458	151665.951
17	-303062.721	151740.752	57	-303012.288	151661.501
18	-303070.641	151736.202	58	-303016.755	151660.835
19	-303072.144	151735.04	59	-303021.754	151660.098
20	-303066.56	151735.703	60	-303025.891	151659.311
21	-303057.636	151755.258	61	-303046.468	151656.32
22	-303059.607	151752.113	62	-303050.91	151655.713
23	-303060.53	151754.812	63	-303044.66	151625.767
24	-303062.964	151753.295	64	-303027.52	151663.295
25	-303012.298	151713.477			
26	-303011.868	151710.624			
27	-303011.232	151706.587			
28	-303016.453	151706.05			
29	-303016.218	151702.289			
30	-303020.127	151711.014			
31	-303021.079	151715.351			
32	-303023.977	151710.565			
33	-303023.466	151705.838			
34	-303023.117	151701.842			
35	-303027.727	151705.785			
36	-303049.223	151709.793			
37	-303048.985	151706.767			
38	-303043.62	151706.327			
39	-303043.108	151700.386			
40	-303046.286	151699.982			

أعطت النتائج النهائية للحسابات أن متوسط الخطأ الأفقي باستخدام طريقة الرصد الحركي (RTK) بلغ 1.207m متر بينما بلغ متوسط الخطأ الأفقي باستخدام طريقة الرصد الحركي (PPK) 1.414m، وبالتالي فإن طريقة الرصد الحركي في الزمن الحقيقي RTK أعطت نتائج أفضل من طريقة الرصد الحركي مع المعالجة اللاحقة (PPK)، ومع ذلك فإن هذا المستوى من الدقة غير كافٍ لتحديد الموقع الدقيق للأشجار وذلك بسبب العوائق الكثيرة التي تعترض إشارات الأقمار الصناعية وإنما يفيد في إنتاج خرائط تبين توزيع الغطاء النباتي شكل (7) وخاصة في الغابات التي

يتعذر استخدام الطرق التقليدية لعدم إمكانية الرؤية المتبادلة بين النقاط بسبب كثافة الغطاء النباتي بالإضافة لإمكانية تحديد مساحة أو محيط الغابة .



الشكل (7): خريطة تبين مواقع الأشجار ضمن الغابة

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

- (1) إن تحديد مواقع النقاط في منطقة الغابات باستخدام طريقة الرصد الحركي في الزمن الحقيقي RTK أكثر دقة من طريقة الرصد الحركي مع المعالجة اللاحقة (PPK) حيث بلغ الخطأ المتوسط التربيع  $\sigma_p$  لطريقة الرصد (RTK) 0.785m على ارتفاع مترين لجهاز الاستقبال المتحرك (Rover) بينما بلغت قيمة الخطأ المتوسط التربيع  $\sigma_p$  تبعا ل طريقة الرصد الحركي (PPK) 1.353m على ارتفاع مترين لجهاز الاستقبال المتحرك (Rover).
- (2) يتيح زيادة ارتفاع هوائي مستقبل النظام العالمي للأقمار الصناعية (GNSS) تحقيق دقة تحديد المواقع الأفقية حيث بلغ الخطأ المتوسط التربيع  $\sigma_p$  1.369m على ارتفاع متر لجهاز الاستقبال المتحرك (Rover). وعند زيادة ارتفاع عصا جهاز الاستقبال المتحرك إلى مترين زادت دقة تحديد الموقع بشكل جيد حيث بلغ الخطأ المتوسط التربيع 0.785m.
- (3) إن تقدير المساحة والمحيط بأي من طريقتي الرصد الحركي لم يعط اختلاف ملحوظ عن القيمة الحقيقية، حيث بلغت النسبة المئوية لمساحة الاتفاق بين مساحة المنطقة المحسوبة بـ RTK والمساحة الحقيقية 99.963 و بلغت النسبة المئوية لمساحة الاتفاق بين مساحة المنطقة المحسوبة بـ PPK والمساحة الحقيقية 98.603، وأيضاً بلغت النسبة المئوية للاتفاق بين محيط المنطقة المحسوبة بـ RTK والمحيط الحقيقي 99.955 و بلغت النسبة المئوية للاتفاق بين محيط المنطقة المحسوبة بـ PPK والمحيط الحقيقي 99.746 وبالتالي يعد استخدام طرق

الرصد الحركي واعداً في ترسيم حدود الغابات.

- (4) بناءً على النتائج، لا يمكن تحقيق مستوى الدقة المطلوب لمطابقة مواقع الأشجار عند استخدام أجهزة GNSS ضمن الغابة وإنما يفيد في إنتاج خرائط تبين توزع الغطاء النباتي وخاصة في الغابات التي يتعذر فيها استخدام الطرق التقليدية لعدم إمكانية الرؤية المتبادلة بين النقاط بسبب كثافة الغطاء النباتي.
- (5) الزمن المستغرق للرصد في طريقتي الرصد الحركي أقل بكثير من الزمن المستغرق للرصد باستخدام الطريقة التقليدية حيث استغرقت طريقة الرصد الحركي مع المعالجة اللاحقة ربع ساعة أما طريقة الرصد الحركي اللحظي نصف ساعة أما الطريقة التقليدية فقد احتاجت إلى ثلاث ساعات مما يوفر الوقت والكلفة.
- التوصيات:**

- (1) إعادة العمل في فصل الخريف بعد تساقط أوراق الأشجار ودراسة تأثير ذلك على الدقة.

## References:

- 1) Ramazan Akbulut, Zennure Ucar, Pete Bettinger, Krista Merry, Shingo Obata. "Effects Of Forest Thinning on Static Horizontal Position Accuracy Collected with A Mapping-Grade GNSS Receiver", Journal of Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences, 2017.
- 2) Dawod, Gomaa M. "An introduction to the Global Positioning System: GPS" (in Arabic), Journal of Holly Makkah, Saudi Arabia, 2010.
- 3) Lauer Ian. "Kinematic GPS/GNSS Methods Manual", Journal of Idaho State University, 2018.
- 4) Eloise G. Zimbelman, Robert F. Keefe Zimbelman. "Real-time positioning in logging: Effects of forest stand characteristics, topography, and line-of-sight obstructions on GNSS-RF transponder accuracy and radio signal propagation", Journal of PloS One, 2018.
- 5) Robert J. McGaughey, Kamal Ahmed, Hans-Erik Andersen, and Stephen E. Reutebuch. "Effect of Occupation Time on the Horizontal Accuracy of a Mapping-Grade GNSS Receiver under Dense Forest Canopy", Journal of Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2017.
- 6) Michał Brach, Michał Zasada. "The Effect of Mounting Height on GNSS Receiver Positioning Accuracy in Forest Conditions", Journal of Forest Engineering, 2017.
- 7) Julián Tomaščík Jr. 1, Julián Tomaščík Sr. 2, Šimon Saloň1 and Rastislav Piroh3. "Horizontal accuracy and applicability of smartphone GNSS positioning in forests", Journal of Forestry, 2016.
- 8) Harri kaartinen. "Accuracy of Kinematic Positioning Using Global Satellite Navigation Systems under Forest Canopies", Journal of MDPI, 2015.
- 9) Frank, Jereme and Wing, Michael G. "Balancing Horizontal Accuracy and Data Collection Efficiency with Mapping-grade GPS Receivers", Journal of Forestry, 2014.
- 10) Zennure Ucar, Pete Bettinger, Steven Weaver, Krista L. Merry and Krisha Faw. "Dynamic accuracy of recreation-grade GPS receivers in oak-hickory forests", Journal of Forestry, 2014.
- 11) Daniel R. Unger, I-Kuai Hung, Yanli Zhang, Jeffrey Parker, David L. Kulhavy, and Dean W. Coble. "Accuracy Assessment of Perimeter and Area Calculations Using Consumer-grade Global Positioning System (GPS) Units in Southern Forests", Journal of Southern, 2013.

- 12) Heri Andreas. "Study the capabilities of RTK Multi GNSS under forest canopy in regions of Indonesia", Journal of EDP Sciences, 2019.
- 13) Fayez Deeb, Wael Dayoub, Sinan al-Tazah. "Analyzing 2D Transforming The Global Coordinates Measured By GNSS To The Syrian Local Coordinates", Journal of Tishreen University, 2016.
- 14) Mahfoud Nada, Maan Boubou. " Evaluation The Accuracy Of Surveying Data Of The Mobile Topographer Application On Smartphone", Journal of Tishreen University, 2020.