



الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة تشرين
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة الطبوغرافية

التصميم الأفضل للشبكات المساحية باستخدام المصفوفة التصميمية

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية

اختصاص الهندسة الطبوغرافية

إعداد الطالب المهندس

تمام عدنان حماد

إجازة في الهندسة المدنية - عام 2010م

بإشراف

المشرف المشارك

الأستاذ الدكتور محسن أحمد

المشرف الرئيسي

الدكتورة ندى محفوض

العام الدراسي 2016

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية باختصاص الهندسة الطبوغرافية في جامعة تشرين.

This thesis has been submitted as a partial fulfillment of requirements for the master of Science Degree in Civil Engineering competence Topographic Engineering at the Tishreen University.

حقوق الطباعة

أُصِرَّحَ بأن حقوق طباعة هذا البحث " التصميم الأفضل للشبكات المساحية باستخدام المصفوفة التصميمية " تعود لجامعة تشرين.

اسم المرشح

م. تمام حماد

تاريخ: 2016/7/24



Copyright Notice

This is to declare that, the copyrights of this work "**The best design of surveying network by using design matrix**" belongs to **Tishreen University**.

Candidate name

Eng. Tammam Hammad

Date: 24/ 7/2016

تصريح

أصّرَح بأن هذ البحث "التصميم الأفضل للشبكات المساحية باستخدام المصفوفة التصميمية" لم يسبق أن قبل للحصول على شهادة و لا هو مقدم حاليا للحصول على شهادة أخرى.

اسم المرشح

م. تمام حماد

تاريخ: 2016/7/24



DECLARATION

This is to declare that, this work "**The best design of surveying network by using design matrix**" has not been being submitted concurrently for any other degree.

Candidate name

Eng. Tammam Hammad

Date: 24 /7/2016

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 24 / 7 / 2016 و أجازت.

لجنة الحكم:

الدكتور منير يحيى

التوقيع.....

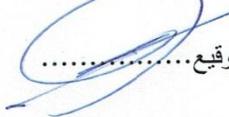
أستاذ، قسم الهندسة الطبوغرافية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

الدكتور محسن أحمد

التوقيع.....

أستاذ، قسم الهندسة الطبوغرافية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

الدكتور وائل ديوب

التوقيع.....

أستاذ مساعد، قسم الهندسة الطبوغرافية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

تصريح

أصرح بأنني قمت بكافة التعديلات التي وضعتها لجنة الحكم على موضوع الرسالة التي هي بعنوان

" التصميم الأفضل للشبكات المساحية باستخدام المصفوفة التصميمية "

اسم المرشح

م. تمام حماد



المشرف المشارك

الأستاذ الدكتور محسن أحمد



الإشراف: المشرف الرئيسي

الدكتورة ندى محفوظ



لجنة الحكم:

أ. د. منير يحيى



أ. د. محسن أحمد



د. وائل ديوب



شهادة

نشهد بأن هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة" التصميم الأفضل للشبكات المساحية باستخدام المصفوفة التصميمية" هو نتيجة بحث علمي قام به طالب الماجستير تمام عدنان حماد بإشراف الدكتورة ندى محفوض (أستاذة مساعدة ، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين ، اللاذقية، سورية) و الدكتور محسن أحمد (أستاذ، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين ، اللاذقية، سورية) و إن أي مرجع موجود ورد في هذه الرسالة موثق في النص.

المرشح

بإشراف:

م. تمام حماد

د. ندى محفوض أ. د. محسن أحمد

تاريخ 2016/7/24

CERTIFICATION

It is hereby certified that, the work described in this thesis " **The best design of surveying networks by using matrix design**" is the results of Mr .Tammam Adnan Hammad own investigations under the supervision of Dr. Nada Mahfoud (Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Syria) and Dr. Mohsen Ahmad (Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University ,Syria) and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate

SUPERVISORS

Name

Name

Tammam Hammad

Dr. Nada Mahfoud

Dr. Mohsen Ahmad

كلمة شكر

ACKNOWLEDGMENT

أقدم بجزيل الشكر و العرفان إلى أساتذتي الكرام في قسم الهندسة الطبوغرافية في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين لما قدموه في سبيل إنجاز هذا البحث و أخص بالشكر الأستاذين المشرفين:

المشرف المشارك

المشرف الرئيسي

الدكتور محسن أحمد

الدكتورة ندى محفوض

الذين تفضلا مشكورين بالإشراف على بحثي هذا فكان لما قدماء لي من عون و نصح و مساعدة وللدور الكبير في إتمام هذا البحث و أمل أن أكون عند حسن ظنهما.

المُلخَص

يعتبر التصميم الأفضل للشبكات الجيوديزية جزءاً أساسياً لمعظم الأعمال المساحية والمشاريع الهندسية، ويتم ذلك قبل إجراء أي قياسات فعلية.

يركز هذا البحث على دراسة و برمجة المسألة الأولى لتصميم الشبكات الجيوديزية التي تهدف إلى تعيين الشكل الأفضل للشبكات من حيث مواقع نقاطها و نوع أرسادها بما يحقق معايير الجودة المطلوبة (دقة و موثوقية) و بأقل كلفة ممكنة و ذلك باستخدام طريقة التكرار و التجريب. وتم برمجة حل هذه المسألة في بيئة الـ **MATLAB** باستخدام الواجهات الرسومية، حيث أنه يوجد العديد من التعليمات و المعادلات و الصيغ البرمجية الجاهزة التي تسهل البرمجة بشكل كبير.

يسعى المساح دائماً لأن تكون كلفة العمل المساحي من حيث الزمن والمصاريف أقل ما يمكن مع الحفاظ على جودة الشبكة الممثلة بدقتها و موثوقيتها، وهذا هدف البرنامج المصمم حيث يساعد على اختيار الحل الأفضل من بين الحلول المقبولة.

في الماضي كان تصميم الشبكات الجيوديزية يعتمد على الخبرة و الحس و النتائج السابقة لأعمال مماثلة، ولكن حالياً يمكن إيجاد التصميم الأفضل برمجياً نظراً لتوفر التقنيات و البرامج الحاسوبية المناسبة.

اهتم البحث بدراسة المسألة الأولى لتصميم الشبكات الجيوديزية بالإضافة لدراسة موضوع كلفة التصميم باعتبارها كمعيار جودة من أجل اختيار التصميم الأفضل، بالإضافة للمعايير السابقة مع برمجة الحل باستخدام بيئة الـ **MATLAB** .

أظهر تحليل نتائج البحث توفيراً في الوقت و الجهد المبذول من قبل فريق العمل قبل إجراء أي قياسات فعلية مما يتيح التحقق من صحة التصميم قبل تنفيذه، و يساعد المساح على اختيار تقنية القياس الأنسب و جهاز القياس الأفضل.

الكلمات المفتاحية: المسألة الأولى، تصميم الشبكات الجيوديزية، الدقة، الموثوقية، الكلفة، طريقة الخطأ و التجريب، الواجهات الرسومية.

فهرس المحتويات

الصفحة	
I	قائمة بالجداول
II	قائمة بالأشكال
IV	قائمة بالمصطلحات
VII	قائمة بالاختصارات
VIII	قائمة بالرموز
الفصل الأول: الإطار العام للبحث	
1	1-1 مقدمة
1	2-1 الدراسة المرجعية
4	3-1 مشكلة البحث
5	4-1 فرضيات البحث
5	5-1 أهداف البحث
5	6-1 أهمية البحث
5	7-1 منهجية البحث
6	8-1 محتويات البحث
الفصل الثاني: الشبكات الجيوديزية و تقنيات القياس	
8	1-2 مفهوم الشبكات الجيوديزية
8	1-1-2 الشبكات الجيوديزية الأساسية
10	1-1-1-2 القواعد العامة لتصميم الشبكة المثلثانية الأساسية
12	2-1-1-2 الشبكة الجيوديزية التفصيلية من المرتبتين II و III
13	2-1-1-3 التصميم و الاستطلاع المثلثاتي و بناء و تثبيت النقاط المثلثانية
14	2-2 القياسات الجيوديزية التقليدية
14	1-2-2 قياس الزاوية الأفقية و الاتجاه
15	2-2-2 قياسات المسافة الكترونياً
16	3-2 التصحيحات و الاختزال للقياسات الجيوديزية التقليدية
16	1-3-2 التصحيحات الناتجة عن تغيير العوامل الجوية عند قياس المسافة الالكترونية
17	2-3-2 التصحيحات الجوية لقياس الزاوية الأفقية

17	3-3-2 الاختزالات الهندسية للمسافة المقاسة إلى منسوب سطح البحر
17	4-3-2 تصحيحات أخرى
17	4-2 الضبط الأولي للشبكات الجيوديزية بطريقة التربيغات الصغرى
18	1-4-2 نمذجة عشوائية
18	2-4-2 نمذجة تابعة
19	3-4-2 نمذجة رياضية
20	5-2 نماذج التتابع الخطية لضبط الشبكات الثنائية
20	1-5-2 معادلة الرصد للأطوال
21	2-5-2 معادلة الرصد للاتجاهات
22	3-5-2 معادلة الرصد للزوايا
	الفصل الثالث: تحليل الجودة في الشبكات الجيوديزية و معاييرها
24	1-3 مقدمة
24	2-3 تعاريف و مفاهيم
24	1-2-3 القياسات و الأخطاء
25	1-1-2-3 الأغلط
25	2-1-2-3 الأخطاء النظامية
25	3-1-2-3 الأخطاء العشوائية
25	4-1-2-3 انتشار الأخطاء
26	2-2-3 تحديد الكميات المقيسة و التعبير عنها
27	3-2-3 مفهوم الوزن
28	4-2-3 معايير الجودة في الشبكات الجيوديزية
29	1-4-2-3 متانة الأشكال
30	2-4-2-3 معيار الدقة
30	A- معيار الدقة المحلية
30	A- 1 الانحراف النظامي للمتغيرات (الإحداثيات)
30	A- 2 القطع الناقص المطلق للخطأ
31	A- 3 القطع الناقص النسبي للخطأ
32	B- معيار الدقة الإجمالية
32	B- 1 التباين المتوسط لجميع نقاط الشبكة

33	B-2 القيمة الذاتية العظمى لمصفوفة التباين
33	B-3 القطع الناقص المطلق المتوسط للخطأ
33	2-4-2-3 الموثوقية
33	i: الموثوقية الداخلية
35	ii: الموثوقية الخارجية
	الفصل الرابع: كلفة تصميم الشبكات الجيوديزية
36	1-4 مقدمة
36	2-4 مفهوم الكلفة
37	1-2-4 الكلفة الثابتة
37	1-1-2-4 الكلفة الثابتة لقياس الاتجاهات الأفقية
37	2-1-2-4 الكلفة الثابتة لقياس المسافات الالكترونية
38	2-2-4 الكلفة المتغيرة للقياسات التقليدية
38	1-2-2-4 الكلفة المتغيرة لقياس اتجاه أفقي
39	2-2-2-4 الكلفة المتغيرة لقياس مسافة إلكترونياً
39	3-2-4 النموذج العام للكلفة
39	4-2-4 نموذج الكلفة التفصيلي للقياسات التقليدية
40	1-4-2-4 كلفة الوصول إلى محطة الرصد
41	2-4-2-4 كلفة الأرصاد المساحية
41	3-4-2-4 كلفة الوصول إلى نقطة الهدف
	الفصل الخامس: الحل الأمثل لتصميم الشبكات الجيوديزية
43	1-5 مقدمة
43	2-5 مفهوم الحل الأمثل
44	3-5 التصنيف العام لمسائل الحل الأمثل
45	4-5 الحل الأمثل لتصميم الشبكات الجيوديزية
45	1 - مرحلة الاستكشاف و التصميم الأولي للشبكة
46	2- الحل الأمثل و التصميم النهائي للشبكة
46	i- طريقة الخطأ و التجريب
47	ii- الطريقة التحليلية
	الفصل السادس: برنامج لتصميم المسألة الأولى للشبكات الجيوديزية باستخدام

	الواجهات التخابية في بيئة ال MATLAB
48	1-6 مقدمة
48	2-6 لغة البرنامج MATLAB
49	3-6 بناء البرنامج Design Geodetic Network لتصميم الشبكات المساحية
50	4-6 آلية عمل البرنامج
51	1-4-6 الواجهة الرئيسية (main)
52	1-1-4-6 المعالجة و إظهار نتائج الدقة و الموثوقية
53	2-4-6 الواجهة (COST PARAMETERS)
53	1-2-4-6 إدخال البيانات اللازمة لحساب الكلفة
54	2-2-4-6 المعالجة و إظهار قيمة الكلفة الإجمالية
54	3-4-6 واجهة الرسم (Network View)
	الفصل السابع: تطبيق عملي على منطقة العقبية العقارية
55	1-7 مقدمة
55	2-7 نص المشروع
56	3-7 التقرير الفني
56	1-3-7 موقع قرية العقبية و طبيعتها
57	2-3-7 الاستطلاع و تدقيق الأساس الجيوديزي
57	3-3-7 شبكة المثثات
57	1-3-3-7 اقتراح شبكة المثثات
57	2-3-3-7 رصد الشبكة
58	4-7 الحل باستخدام برنامج تصميم الشبكات الجيوديزية
	الفصل الثامن: الاستنتاجات و التوصيات
64	1-8 الاستنتاجات
64	2-8 التوصيات
65	المراجع
	الملحقات
67	الملحق A
70	الملحق B

قائمة بالجدول

الصفحة	
	الفصل الثاني:
9	الجدول 1-2: مقارنة بين درجات الشبكات الأربع
10	الجدول 2-2: الأخطاء المتوسطة المسموحة بعد التعديل
12	الجدول 3-2: مواصفات الدقة للشبكات الأفقية
	الفصل السابع:
55	الجدول 1-7: إحدائيات نقاط الشبكة المحلية المرجعية
55	الجدول 2-7: الإحدائيات التقريبية للنقطتين S4 , S5
55	الجدول 3-7: إحدائيات نقاط الشبكة المحلية المرجعية الجغرافية
55	الجدول 4-7: الإحدائيات الجغرافية التقريبية للنقطتين S4 , S5
58	الجدول 5-7: أرصاد الكلفة
59	الجدول 6-7: الدقة الموضوعية للنقطتين الجديتين في حالات مختلفة
59	الجدول 7-7: موثوقية الأرصاد في حالات مختلفة
61	الجدول 8-7: الدقة الموضوعية للنقطتين الجديتين في حالات مختلفة
61	الجدول 9-7: موثوقية الأرصاد في حالات مختلفة
62	الجدول 10-7: نتائج الحساب و الحل الأفضل
63	الجدول 11-7: نسبة التوفير في الكلفة للحل المقبول بالنسبة لباقي الحلول

قائمة بالأشكال

الصفحة	الفصل الأول:
6	الشكل 1-1: مخطط منهجية البحث
	الفصل الثاني:
8	الشكل 1-2: شبكة جيوديزية
11	الشكل 2-2: بنية الشبكة الحلقية وأشكال السلاسل ضمن الشبكة الأساسية
11	الشكل 2-3: بنية الشبكة الأساسية
14	الشكل 2-4: الاتجاه الأفقي لخط الرصد
15	الشكل 2-5: قياس المسافات إلكترونياً
20	الشكل 2-6: قياس المسافة بين نقطتين
21	الشكل 2-7: قياس الاتجاه الأفقي
22	الشكل 2-8: قياس الزاوية الأفقية
	الفصل الثالث:
31	الشكل 1-3 عناصر القطع الناقص المطلق للخطأ
	الفصل الثالث:
50	الشكل 1-6 المخطط النهجي لبرنامج تصميم شبكة جيوديزية
51	الشكل 2-6 الواجهة الرئيسية (main)
51	الشكل 3-6 رسالة خطأ
52	الشكل 4-6 شاشة Results
53	الشكل 5-6 الواجهة (COST PARAMETERS)
54	الشكل 6-6 نتائج الكلفة
54	الشكل 6-7 الشكل العام للشبكة الجيوديزية
	الفصل السابع:
56	الشكل 1-7 مخطط حدود المسح الطبوغرافي لقرية العقبية
56	الشكل 2-7 صورة مأخوذة من Google Earth لقرية العقبية
58	الشكل 3-7 الشكل الهندسي للشبكة
60	الشكل 4-7 مخطط الحل للشبكة
60	الشكل 5-7 الشكل الهندسي للشبكة
62	الشكل 6-7 مخطط الحل للشبكة

قائمة بالمصطلحات

Random Errors	الأخطاء العشوائية
Gross Errors	الأغلاط
Systematic Errors	الأخطاء النظامية
Horizontal direction	الاتجاه الأفقي
Triangulation	التثليث
Preliminary Design	التصميم الأولي
Physical Interpretation	التفسير الفيزيائي للنتائج
Constant Error	الخطأ الثابت
Precision	الدقة
Lateral Refraction	الزاوية الأفقية
Azimuth	السمت
Horizontal Geodetic Networks	الشبكات الجيوديزية الأفقية
National Geodetic Networks	الشبكة الجيوديزية الوطنية
Reference Networks	الشبكات المرجعية
Local Networks	الشبكات المحلية
Analytical Method	الطريقة التحليلية
Computer Simulation	المحاكاة على الكمبيوتر
ZOD	المسألة الصفريية للتصميم
FOD	المسألة الأولى للتصميم
SOD	المسألة الثانية للتصميم
THOD	المسألة الثالثة للتصميم
Datum Problem	المسألة المرجعية
Reliability	الموثوقية
Mathematical Modeling	النمذجة الرياضية للمسألة
Functional Model	النموذج التابعي
Mathematical Model	النموذج الرياضي
Stochastic Model	النموذج العشوائي

Priori Stochastic Model	النموذج العشوائي المسبق
Design of Geodetic Networks	تصميم الشبكات الجيوديزية
Quality Measure	جودة الشبكة
Tripod	حامل ثلاثي
Nominal Accuracies	دقة اسمية
Two Faces	دوران مضاعف
Trilateration	شبكات التضليح
National Control Network	شبكات الضبط العامة
Local Geodetic Networks	شبكات جيوديزية محلية
Geodetic Networks	شبكة جيوديزية
Priori Adjustment	عملية الضبط الأولي
Pillar	عمود بيتوني
One set	مجموعة قياس واحدة
Two Set	مجموعتي قياس
Center Station	محطة مركزية
Matrix Laboratory	مختبر المصفوفة
The Improvement Problem	مسألة التحسين
The Weight Problem	مسألة الوزن
Optimization Problems	مسائل الحل الأمثل
Electronic Distance Measurement	مسافة مقاسة إلكترونياً
Variance Matrix	مصفوفة التباين
Design Matrix	مصفوفة التصميم
Co-variance Matrix	مصفوفة تمام التباين
Fixed Costs	نفقات ثابتة
Variable Costs	نفقات متغيرة
Cost Model	نموذج الكلفة
Graphical User Interface	واجهات المستخدم الرسومية

قائمة بالاختصارات

الاختصار	انكليزي	عربي
σ_0^2	Variance of Unit Weight	تباين وحدة الوزن
σ_x	Standard Deviation of Single Measurement	الخطأ المتوسط التربيع للرصدة المفردة
EDM	Electronic Distance Measurement	مسافة مقاسة الكترونياً
FOD	First Order Design	المسألة الأولى للتصميم
THOD	Third Order Design	المسألة الثالثة للتصميم
SOD	Second Order Design	المسألة الثانية للتصميم
ZOD	Zero Order Design	المسألة الصفرية للتصميم
C_i	Covariance Matrix	مصفوفة التباين
Q	Design Matrix	مصفوفة التصميم
V-C Matrix	Variance- Covariance Matrix	مصفوفة تمام التباين
r_i	Reliability	الموثوقية
λ_{0i}	Global External Reliability	الموثوقية الخارجية الإجمالية
r_{av}	Global Internal Reliability	الموثوقية الداخلية الإجمالية
GUI	Graphical User Interface	واجهة المستخدم الرسومية

قائمة بالرموز

الرمز	
σ_s	الانحراف المعياري
Q	مصفوفة التصميم
A	مصفوفة الشكل
P	مصفوفة الوزن
v	السرعة
L	الأرصاء
xi	الإحداثيات التقريبية للمجاهيل
$Q_{\hat{x}}$	مصفوفة التباين للمجاهيل
$C_{\hat{i}}$	مصفوفة التباين للأرصاء المضبوطة
$C_{\hat{p}}$	مصفوفة التباين للتصحيات
D	المسافة بين نقطتين
β	القيمة المقاسة للزاوية
a_i, b_i	معاملات الرصد
n	عدد الأرصاد
\hat{x}	القيمة الأكثر احتمالاً
x	القيمة المقاسة
v	الخطأ
p	منتج
$C_{(pm)}$	كلفة خطوات التصميم
C_s	كلفة الوصول إلى محطة الرصد و إجراء القياسات
C_T	كلفة الوصول الى نقطة الهدف و الفترة الزمنية التي ينتظرها فريق العمل
C_{fix}	الكلفة الثابتة
$C_{(pm)}$	النموذج العام للكلفة
W	متوسط أجر كل شخص
T_{walk}	الزمن اللازم مشياً للوصول إلى المحطة
d_{car}	المسافة بالسيارة
C_t	كلفة احتلال نقطة الهدف

الفصل الأول

الإطار العام للبحث

General Framework of the Research

1-1 مقدمة: Introduction:

تستند جميع أعمال المساحة و إنشاء الخرائط على شبكات المثلثات التي تعتبر الهيكل الأساسي لذلك. تتألف هذه الشبكات من نقاط تشكل رؤوس مثلثات أو أشكال هندسية. وإنَّ تصميم الشبكات المساحية يعني اختيار الأجهزة وطرق الرصد اللازمة و اختيار مواضع النقاط و نوعية الأرصاد و توزيعها في الشبكة و كذلك الدقة الواجب أخذ هذه الأرصاد بها، بحيث تعطي الشبكة في النهاية معايير جودة معينة (الدقة - الموثوقية) بأقل كلفة.

تعتبر الدقة من العوامل الرئيسية التي تتحكم في جودة أو نوعية الشبكات الجيوديزية، وتعد قياساً لفاعلية الشبكة من حيث انتشار الأخطاء العشوائية، إلا أنها ليست كافية بمفردها و ذلك لأن الأرصاد يمكن أن تحتوي أخطاء نظامية أو أغلاط غير مكتشفة، وبالتالي سيؤثر ذلك على دقة المجاهيل المحسوبة (إحداثيات نقاط الشبكة)، ويمكن اكتشاف هذه الأخطاء عن طريق معيار الموثوقية الذي يؤمن ذلك. بالإضافة للدقة والموثوقية يسعى المساح لأن تكون كلفة تصميم الشبكة (بالزمن والمصاريف) أقل ما يمكن مع الحفاظ على جودتها الممثلة بالدقة و الموثوقية، لذلك فإن هدف هذا البحث هو تصميم شبكة تحقق معياري الدقة و الموثوقية المطلوبين، وبأقل كلفة ممكنة.

2-1 الدراسة المرجعية: Reference Study:

نورد هنا بعضاً من الدراسات التي تناولت المسألة الأولى لتصميم الشبكات الجيوديزية:

1- الدراسة الأولى:

" Analytical first -order- design of geodetic networks", A. Seemkooei,2007:

إنَّ أحد قياسات الجودة للشبكات الجيوديزية هو الموثوقية و المتانة الهندسية. يصف هذا المعيار قدرة الشبكة على اكتشاف الأغلاط الغير المكتشفة و الأخطاء النظامية. تقود هذه المساهمة للتصميم المثالي للشبكة الجيوديزية في حالة الموثوقية العالية و المتانة الهندسية. يشرح الباحث مسائل التصميم المختلفة و يعتمد على المسألة الأولى للتصميم باستخدام طريقة الخطأ و التجريب من أجل الحصول على الحل الأمثل و يقدم مثالاً عملياً يشرح فيه طريقة العمل.

2- الدراسة الثانية:

" The method of the design for survey network by Q matrices",
kenji Mishima & kuninori Endo,2012:

تؤكد هذه الدراسة على ضرورة استخدام نظرية التربيغات الصغرى لحل الشبكات المساحية المعقدة

حيث يتم وصف الأخطاء بواسطة الانحرافات المعيارية للإحداثيات و يتم الحل باستخدام المعادلة:

$$\sigma_s = \sigma_0 \sqrt{Q} \quad (1 - 1)$$

حيث أن:

σ_s : الخطأ المتوسط التربيع المسموح في تعيين النقاط الجديدة.
 σ_0 : الخطأ المتوسط التربيع المسموح المستخدم لقياس المسافة في الجهاز.

تؤمن هذه الطريقة فائدتين هامتين:

- 1- تحويل الأنظمة المعقدة للمعادلات إلى تعابير بسيطة يمكن تصورها و معالجتها بشكل أسهل.
 - 2- توفر طريقة رياضية يمكن استخدامها لمعالجة المسائل عن طريق الضبط باستخدام الحواسيب.
- 3- الدراسة الثالثة:

"Choosing an optimal surveying technique", Bishawa Acharya and W. Z. Talbert, 1992:

يقدم هذا المقال دراسة لاختيار الحل الأمثل باستخدام نموذج الفائدة / الكلفة وذلك من خلال مصفوفة للمنتج المساحي من الشكل $E(m,n)$:

m : عدد الطرق المقترحة (عدد الحلول البديلة).
 n : المعاملات المؤثرة على الكلفة.

4- الدراسة الرابعة:

" Strategy for designing geodetic network with high reliability and geometrical strength", A. A. seemkooei,2012:

يعتبر الباحث معيار التصميم الرئيسي في الشبكات الجيوديزية هو الدقة و الموثوقية والاقتصادية، وإنَّ الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو اقتراح منهجية لتصميم الشبكة الجيوديزية تجمع ما بين الموثوقية العالية و معيار المتانة الهندسية. وأظهرت النتائج أنها تتأثر مباشرة بالأرصاء الفائضة.

5- الدراسة الخامسة:

"Optimized zero and first order design of micro geodetic networks", R. Z. alzubaidy & H. A.mahdi& H. S. Hanooka,2012:

قام الباحثون بدراسة دقة الشبكات الجيوديزية كمعيار جودة، حيث هدفت الدراسة إلى حل مسألة التصميم من الدرجة الصفرية و من الدرجة الأولى لشبكة جيوديزية لإيجاد التصميم الأمثل للشبكة الجيوديزية باستخدام بيئة MATLAB البرمجية. حيث تم تطبيق مسألة الدرجة الصفرية على شبكة الدراسة المؤلفة من 19 نقطة و 58 مسافة تصميمية و بانحراف معياري مقداره 5 ملليمتر لتحديد أفضل نقاط الشبكة التي يمكن اعتبارها كنقاط ضبط. فأظهرت نقطتين من الشبكة لهما أصغر منحنى خطأ و بالتالي يمكن اعتبارهما كنقاط ضبط.

تم تحليل حالات من شبكة الدراسة من خلال تطبيق مسألة التصميم من الدرجة الأولى على ثلاث حالات، الحالة الأولى باعتبار الشبكة هي شبكة حرة (بدون نقاط ضبط)، الحالة الثانية هي اعتبار الشبكة بنقطتي ضبط اللتين تملكان أصغر منحنى خطأ، و الحالة الثالثة اعتبار الشبكة بنقطتي ضبط

مختلفتين. وأظهرت نتائج تطبيق مسألة التصميم من الدرجة الأولى على الحالات الثلاثة، بأن الحالة الثالثة من شبكة الدراسة تعتبر التصميم الأمثل الذي يحقق أعلى دقة.

6- الدراسة السادسة:

"Comparison of reliability and geometrical strength criteria in geodetic networks", A.Seemkoei,2001:

يعتبر التصميم الأمثل والتقييم اللاحق للشبكات الجيوديزية هو جزء لا يتجزأ من معظم المشاريع الهندسية المساحية. يتم التصميم الأمثل قبل تنفيذ القياسات على الواقع في حالة الموثوقية العالية وتتم مقارنة النتائج مع تلك التي تم الحصول عليها بواسطة تقنية تحليل المتانة. الغرض من هذا التصميم الأمثل هو حل كل من شكل الشبكة (تصميم الدرجة الأولى) ودقة الأرصاد (تصميم الدرجة الثانية) من أجل تلبية المعايير المطلوبة. لذلك، يتم تقديم وسيلة تحليلية لإجراء التصميم من الدرجة الأولى، التصميم من الدرجة الثانية، و/ أو التصميم في الحالتين معاً. من أجل تقييم القوة الهندسية للشبكة الجيوديزية، يقوم الباحث بعرض نتائج تحليل المتانة من حيث المتانة في الدوران، قوة في القص، ومتانة في الحجم. وأظهرت النتائج أن معاملات المتانة تأثرت بعدد مرات التكرار و أن الأرصاد الأقل تكراراً هي أكبر المعاملات متانة.

7- الدراسة السابعة:

"A strategy for optimum designing of the geodetic networks from the cost, reliability and precision views", R. Kiameh, M. Eshagh,2007:

يوجد معايير مختلفة لتصميم الشبكة الجيوديزية بطريقة مثلى. ويمكن اعتبار الشبكة المثلى الشبكة ذات الدقة والموثوقية العالية، والكلفة المنخفضة. وفقاً لذلك، يقوم الباحث بتعريف نماذج حل مختلفة. كل نموذج يخضع لمعيارين من المعايير الأخرى ويتم مراجعة هذه النماذج رياضياً. يظهر الحل العددي كيفية إعداد هذه النماذج الرياضية لعملية التحسين من خلال شبكة محاكاة. وجد الباحث أن هذا النموذج الذي يعتمد على الموثوقية والكلفة ينتج تغيير مواضع أصغر عن تلك التي تم الحصول عليها باستخدام الدقة والكلفة في نموذج الدقة و الكلفة يجب تخفيض بعض الأرصاد للحصول على الحل الأمثل، في حين أن النموذج المعتمد على الموثوقية والكلفة يستوجب حفظ عدد معين من الأرصاد. في الأمثلة العددية المدروسة، تظهر الاختلافات التي يمكن مراعاتها في نموذج الموثوقية، والذي يبدو أكثر ملاءمة لتصميم الشبكات الجيوديزية.

8- الدراسة الثامنة:

"Basic concepts of optimization and design of geodetic networks", A-Simkoei, A., Asgari, J., Zangeneh-Nejad, F., and Zaminpardaz, S. 2012:

يقوم الباحث بمراجعة بعض المفاهيم الأساسية لتصميم وتحسين الشبكة الجيوديزية. يعتبر تحليل الشبكات مهمة في العديد من مشاريع المسح الجيوديزي. يجب تحديد إجراءات مناسبة لمراقبة الجودة والسعي للوصول إلى التصميم الأمثل. تتميز نوعية الشبكات الجيوديزية من حيث الدقة والموثوقية

والكلفة. الهدف من ذلك هو تقديم بعض حالات الدراسة التي تم تصميمها لتلبية معايير الدقة والموثوقية الأمثل. تشمل حالات الدراسة تصميم الدرجة الصفرية لتحسين دقة نقاط الشبكة في الشبكة المختارة وتصميم من الدرجة الأولى لتأمين موثوقية عالية ومعايير الدقة القصوى في الشبكة الجيوديزية. تبين أنه، ليس فقط تكوين الشبكة ولكن أيضاً نوعية الأرصاد المستخدمة يمكن أن تؤثر على معايير التصميم. على سبيل المثال، حالات الدراسة تبين أن الشكل الأمثل للشبكة هو التثليث المساحي (تقاطع مع المسافات) و يمكن أن يؤدي استبدال الأرصاد بزوايا بدلاً من المسافات (شبكة المثلثات) إلى شبكة ضعيفة الدقة و الموثوقية.

9- الدراسة التاسعة:

"Optimization of geodetic networks", Gunter Schmitt, 2010:

يقوم الباحث بدراسة المشاكل في مسائل تصميم الشبكات الجيوديزية والاستفادة من الحالة المثالية للشبكات الجيوديزية، حيث يجب إيجاد النظام المرجعي في المرحلة الحسابية وهذا يشير لمسألة التصميم الصفرية. يظهر في مرحلة الحل ثلاث مشاكل: مشكلة تكوين الشبكة في مسألة الدرجة الأولى، مشكلة الوزن في مسألة تصميم الدرجة الثانية، ومشكلة تحسين الشبكة في مسألة تصميم الدرجة الثالثة ويقوم الباحث بدراسة هذه المشاكل باستخدام معايير الدقة و الموثوقية و الكلفة.

10- الدراسة العاشرة:

"Reliability design of geodetic networks by quality harmonization of observation", E. Nowak, 2011:

يستغرق بناء شبكة موثوق بها عن طريق إضافة وإزالة أرصاد وقتاً طويلاً جداً حتى باستخدام حسابات الكمبيوتر وقد يتطلب كلفة اقتصادية، و قد لا يؤدي إلى تأثير إيجابي على أية حال. يقدم هذا البحث آلية تصميم مختلفة نوعياً أسست على تعديل دقة الرصدة من أجل الوصول إلى موثوقيتها. بالإضافة إلى ذلك، تم دراسة تأثير هذا التغيير على موثوقية الأرصاد التي تحددها مصفوفة الموثوقية و تأثيرها على نتائج تعديل الشبكة واكتشاف الأخطاء الفادحة.

تناولت الدراسات السابقة المسائل المختلفة لتصميم الشبكات الجيوديزية وخطوات وطرق إيجاد الحل الأمثل اعتماداً على دراسة الجودة و الكلفة في حالات مختلفة، وسنقوم في هذا البحث بالتركيز على المسألة الأولى لتصميم الشبكات الجيوديزية وبرمجة عملية التصميم باستخدام بيئة الـ MATLAB البرمجية من أجل إيجاد الحل الأفضل من بين الحلول المقبولة اعتماداً على دراسة الجودة و الكلفة.

3-1 مشكلة البحث: Research Problem:

- من الدراسات السابقة عن الشبكات الجيوديزية وخطوات تصميمها يظهر لنا عدة تساؤلات :
- 1- دراسة تصميم المسألة الأولى للشبكات الجيوديزية قبل تنفيذها على أرض الواقع بحيث يحقق أفضل معايير الجودة و الكلفة.
 - 2- تنفيذ عملية التصميم برمجياً باستخدام التقنيات الحاسوبية المتطورة.

3- إمكانية إجراء تقدير أولي لكلفة الشبكة الجيوديزية قبل تنفيذها.

4-1 فرضيات البحث: Research Hypotheses:

للوصول إلى حل للمشكلات المطروحة ضمن مشكلة البحث تم اعتماد الفرضيات الآتية:

1- إجراء عملية التحليل المسبق التي تمثل المسألة الأولى لتصميم الشبكات الجيوديزية اعتماداً على

$$Q = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1}$$

Q: مصفوفة التصميم.

A: مصفوفة الشكل.

P: مصفوفة الوزن.

A^T : منقول مصفوفة الشكل.

2- سيتم تحديد الحل الأفضل اعتماداً على التصميم من الناحية الاقتصادية للبحث.

3- برمجة عملية التصميم باستخدام الواجهات الرسومية في بيئة MATLAB و برمجة الكلفة.

5-1 أهداف البحث: Research Objectives:

1- دراسة المسألة الأولى لتصميم الشبكات المساحية باستخدام المصفوفة التصميمية

$$Q = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1}$$

بحيث يتم:

- اختيار مواضع النقاط الجديدة.

- تحديد نوعية الأرصاد و توزيعها في الشبكة.

- تحديد الدقة الواجب إجراؤها للأرصاد.

إنّ تعيين هذا التصميم هو قبل البدء في تثبيت النقاط و أخذ الأرصاد، مع العلم انه سيتم التعامل في هذه

المرحلة مع (MATLAB) لبناء برنامج يساعد في إجراء التحليل المسبق لدقة وموثوقية الشبكات المختارة.

2- دراسة وبرمجة كلفة تصميم الشبكات المحققة لغرض الدقة المطلوب باستخدام بيئة (MATLAB)

وذلك لاختيار الحل الأفضل من بين الحلول المقترحة .

6-1 أهمية البحث: Research Importance:

يؤمن البحث من خلال الخوارزمية المتبعة للتصميم الفوائد الآتية:

1- إن التحليل المسبق لدقة و موثوقية الشبكات الجيوديزية مع دراسة الكلفة يوفر كثيراً من الوقت

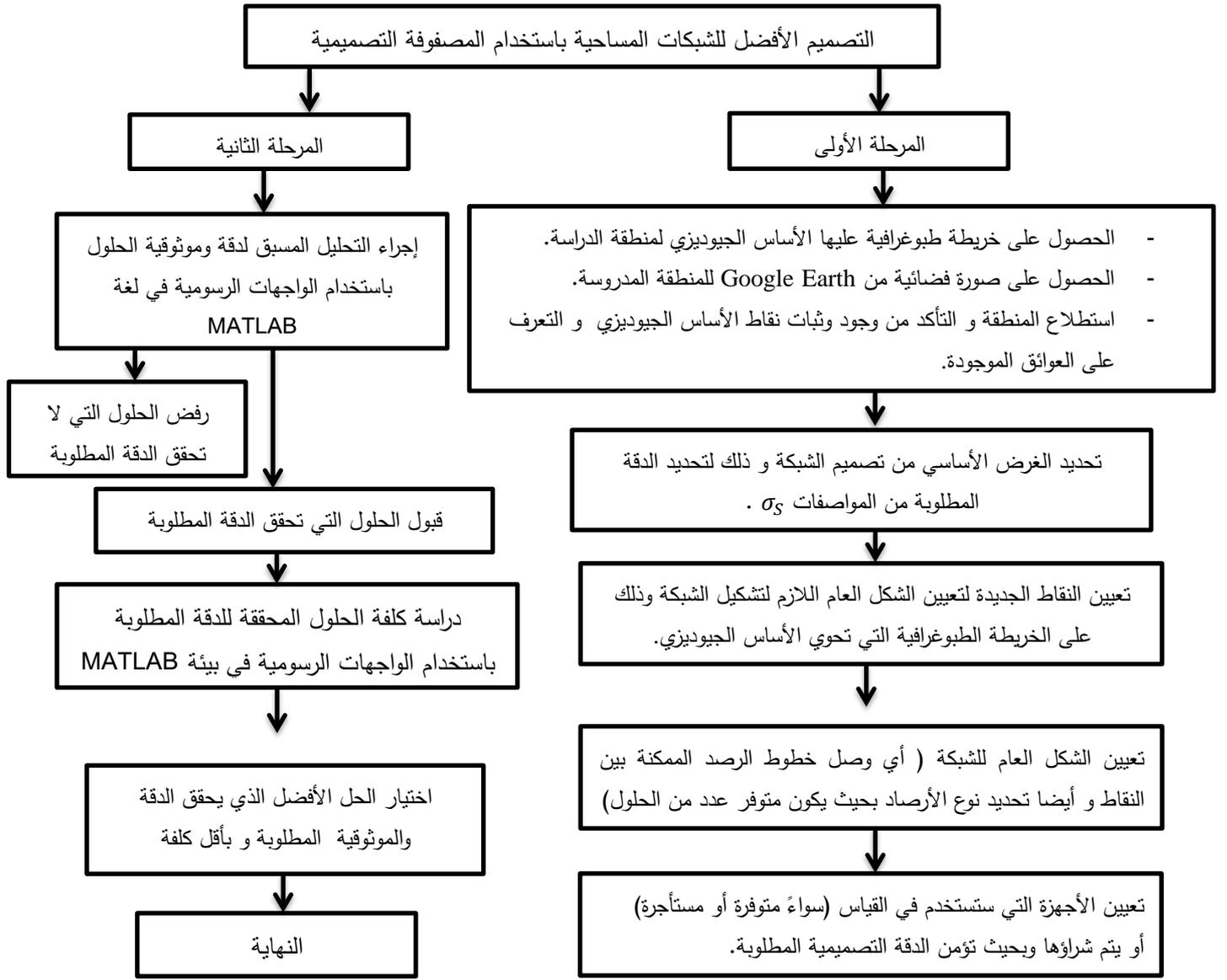
و الجهد والكلفة لأنه يتم بدون الحاجة لأي قياسات فعلية.

2- سيوفر البرنامج الذي تم بناؤه كثيراً من الوقت و الجهد بحسب النتائج التي تم مقارنتها مع الحل

اليدوي.

7-1 منهجية البحث: Research Methodology:

يظهر المخطط التوضيحي التالي خوارزمية التصميم المتبعة في البحث:



الشكل (1-1) منهجية البحث

8-1 محتويات البحث: Organization of Research

يحتوي البحث ثمانين فصول موزعة في (70) صفحة وفق الآتي:

الفصل الأول: الإطار العام للبحث. يشمل مقدمة و الدراسة المرجعية و مشكلات البحث وفرضياته و أهميته و أهدافه بالإضافة لمنهجيته.

الفصل الثاني: الشبكات الجيوديزية و تقنيات القياس. يتم فيه مناقشة الشبكات الجيوديزية، ومواصفاتها و أنواعها، وقواعد تصميمها، والضبط الأولي لها باستخدام طريقة التربيعة الصغرى بالإضافة للنماذج المستخدمة في عملية التصميم.

الفصل الثالث: تحليل الجودة في الشبكات الجيوديزية، ومعاييرها. يعرض القياسات والأخطاء التي تحدث خلال عملية التصميم بالإضافة لمعايير الجودة في الشبكات الجيوديزية .

الفصل الرابع: كلفة تصميم الشبكات الجيوديزية. يناقش مفهوم الكلفة و العوامل المختلفة التي تدخل في حساب كلفة الشبكات الجيوديزية.

الفصل الخامس: الحل الأمثل للشبكات الجيوديزية. يوضح مفهوم الحل الأمثل و التصنيف العام لمسائل الحل الأمثل والطرق المستخدمة للحصول على الحل الافضل.

الفصل السادس: برنامج لتصميم المسألة الأولى للشبكات الجيوديزية باستخدام الواجهات الرسومية في بيئة الـMATLAB. يتحدث عن بيئة عمل برنامج MATLAB و يشرح آلية عمل البرنامج المصمّم.

الفصل السابع: تطبيق عملي على منطقة العقبية العقارية. يوضح تطبيقاً عملياً للدراسة في منطقة العقبية العقارية باستخدام برنامج التصميم (Design Geodetic Network).

الفصل الثامن: الاستنتاجات و التوصيات.

بالإضافة إلى قوائم بالجدول، والأشكال، والمصطلحات، والاختصارات، والرموز المتضمنة في البحث حسب ورودها، والمراجع المستخدمة، والملحقات.

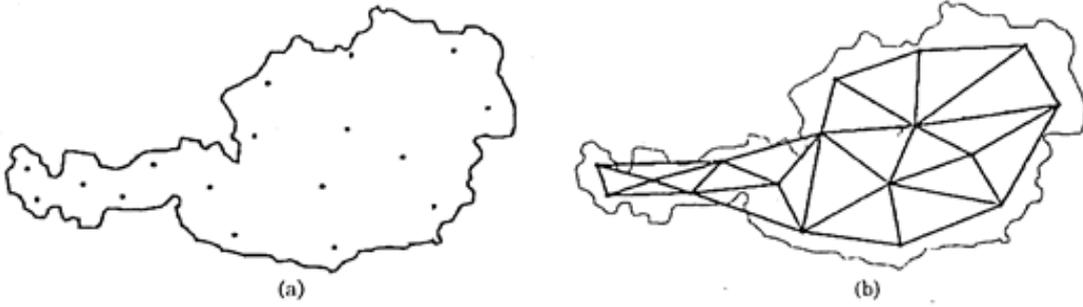
الفصل الثاني

الشبكات الجيوديزية وتقنيات القياس

Geodetic Networks and Measurement Techniques

1-2- مفهوم الشبكات الجيوديزية: (Geodetic Networks Concept):

ينتج عن الأرصاد المساحية كميات هندسية (زوايا، اتجاهات، مسافات، فروق مناسيب) بين نقطتي ضبط (Control Points) محددتين أو بين نقطة ضبط و أي نقطة أخرى في الفراغ. تشكل هذه النقاط المترابطة مع بعضها البعض بكميات هندسية ما يسمى "شبكة جيوديزية" (Geodetic Networks). وتصبح المسألة الأساسية في المساحة هي تحديد الإحداثيات لنقاط الشبكة باستخدام أنواع متنوعة من القياسات التي تشكل العلاقة الهندسية بين هذه النقاط. يظهر الشكل (1-2) تمثيلاً تخطيطياً لشبكة جيوديزية. حيث أن عدد نقاط الضبط المبينة في الشكل (2-1-a) وأما الكميات الهندسية المقاسة بين النقاط المرئية فيما بينها والتي تسمح بحساب إحداثيات النقاط موضحة في الشكل (2-1-b).



الشكل (1-2) شبكة جيوديزية

اعتبرت لسنوات عديدة طريقة التثليث (Triangulation) (قياس الاتجاهات المختلفة في المثلاث المتصلة) التقنية المساحية الوحيدة المستخدمة لتأسيس الشبكات الجيوديزية، ولذلك فإن استخدام المثلاث هو الأكثر انتشاراً في كيفية التمثيل التخطيطي للشبكات و لا يزال يستخدم هذا التمثيل رغم التطور التكنولوجي السريع في صناعة الأجهزة المساحية اللازمة لقياس المسافة إلكترونياً (شبكات التضليع).

1-1-2 الشبكات الجيوديزية الأساسية (Basic Geodetic Network): [18]

نقصد بالشبكات الجيوديزية الأساسية الشبكات الأفقية الناجمة عن التثليث الجيوديزي الزاوي و التثليث الجيوديزي الخطي و التثليث الجيوديزي الزاوي الخطي و التضليع الجيوديزي الدقيق، و كذلك الشبكات الارتفاعية الناجمة عن التسوية الدقيقة و الشبكات الفراغية ثلاثية الأبعاد المنتشرة على كامل مساحة البلد كأساس للأعمال الجيوديزية.

تخدم الشبكات الجيوديزية الأساسية في تحقيق وظيفتين:

الأولى: اقتصادية كشبكات أساس للقياسات، والأعمال الجيوديزية و الكارتوغرافية.

الثانية: اختبارية علمية تساهم في تحديد شكل و أبعاد الكوكب الأرضي، و في مراقبة تحركات القشرة الأرضية و من ضمنها حركة القارات، ويتم ذلك بالربط الكامل بين الشبكات الجيوديزية الأساسية على مستوى القارات.

نقصد بالتثليث الجيوديزي مجمل عمليات نحصل بنتيجتها على احداثيات النقاط المشكلة لرؤوس المثلثات الداخلة في البنية الشبكية، و يعتمد التثليث على العلاقة بين الزاوية و الطول ضمن الشكل الهندسي المفرد و هو المثلث.

في الشبكات المثلثاتية الزاوية نقيس جميع الزوايا و أطوال بعض الأضلاع بشرط الأنفار أو بقانس المسافات الإليكتروني عالي الدقة. ونقيس في الشبكات المثلثاتية الخطية أطوال الأضلاع المثلثات باستخدام قانس المسافات الإليكترونية عالية الدقة. تشكل مجموعة قياسات الزوايا و الأضلاع المعطيات الأساسية في معالجة الشبكات الجيوديزية.

تتكون الشبكة المثلثاتية الأساسية من مثلثات أطوال أضلاعها بحدود 30 km (بعد الأخذ بعين الاعتبار ارتفاعات الأبراج فوق النقاط و انحناء سطح الأرض)، و تعرف هذه الشبكة باسم الشبكة التقليدية. وفقاً لدرجات تكثيف هذه الشبكة الأساسية نحصل على الشبكات التفصيلية و الشبكات القياسية، حيث نميز بين أربع درجات هي I و II و III و IV تتميز كل درجة بأطوال أضلاعها و الدقة المطلوبة في تعيين إحداثيات نقاط الشبكة الجيوديزية، والجدول الآتي يوضح المقارنة بين درجات الشبكات الأربع.

الجدول (1-2): مقارنة بين درجات الشبكات الأربع

المقارنة	درجة الشبكة	الدرجة الأولى	الدرجة الثانية	الدرجة الثالثة	الدرجة الرابعة
طول خط القاعدة	30-5 km	3-1 km	أقل من 1 km	أقل من 1 km	أقل من 1 km
طول الضلع في الشبكة	160-20 km	40-10 km	أقل من 10 km	أقل من 10 km	أقل من 10 km
عدد الأقواس	16-12	8	4	2	2
الحد الأدنى المسموح في قفل القوس	2 seconds	6 seconds	15 second	30 seconds	30 seconds
الحد الأقصى المسموح في قفل المثلث	3 seconds	5 seconds	second 12-10	30 seconds	30 seconds
الحد الأدنى للفرق بين الطول المحسوب و المقاس لقاعدة التحقيق	1:25000	1:10000	1:5000	1:2500	1:2500
الخطأ المحتمل في قياس خط القاعدة	1:1000000	1:500000	1:200000	1:100000	1:100000

تتتمي نقاط الشبكة الأساسية إلى المرتبة I، وتتتمي نقاط الشبكة التفصيلية إلى المرتبتين II و III. وتعطي بعض المواصفات الدولية درجات تكثيف الشبكات الأساسية الأفقية و التفصيلية و القياسية:

- نقطة شبكة أساسية على مساحة 50 km^2 .
- نقطة شبكة تفصيلية على مساحة $0.8 \div 12 \text{ km}^2$.
- نقطة شبكة قياسية على مساحة $15 \div 30 \text{ ha}$.

ويبين الجدول (1-2) الدقة المطلوبة في تحديد مواقع نقاط الشبكات الأفقية بعد المعالجة و التعديل.

الجدول (2-2): الأخطاء المتوسطة المسموحة بعد التعديل [18]

مرتبة الشبكة	الخطأ النسبي لقياس المسافة	خطأ توضع النقطة بالنسبة لنقاط الربط M_p
I II III IV	$M_a/d \leq 5.10^{-6}$	- $M_p \leq 0.05m$ $M_p \leq 0.10m$ $M_p \leq 0.20m$

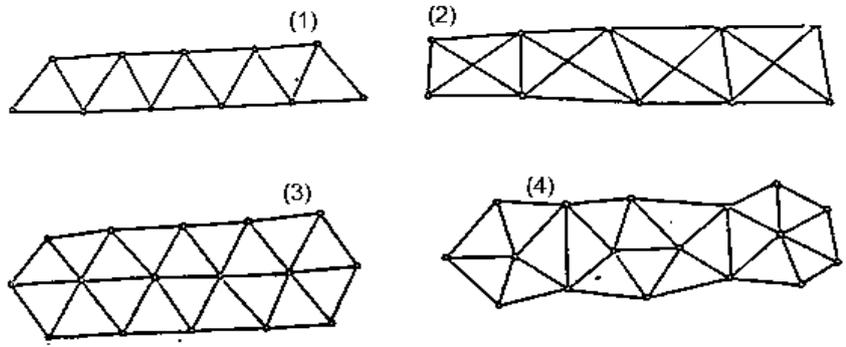
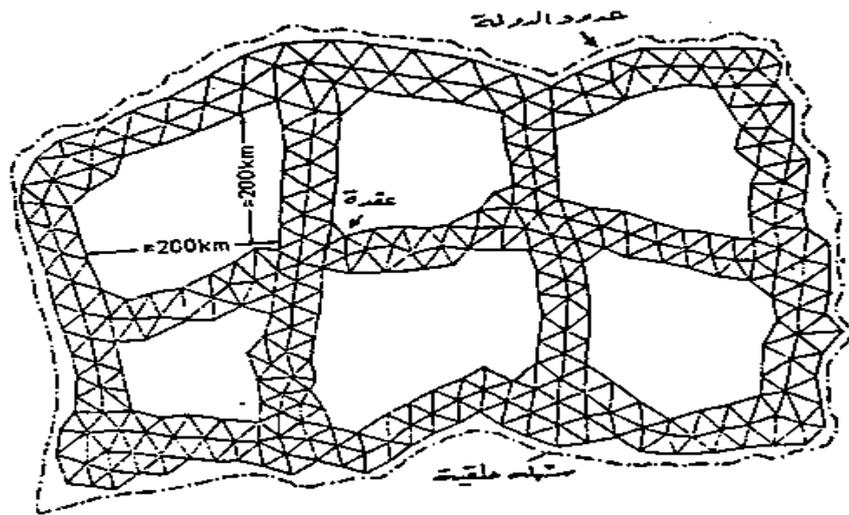
1-1-1-2 القواعد العامة لتصميم الشبكة المثلثاتية الأساسية:

(General Rules for the Design of the Core Network Trigonometrical):

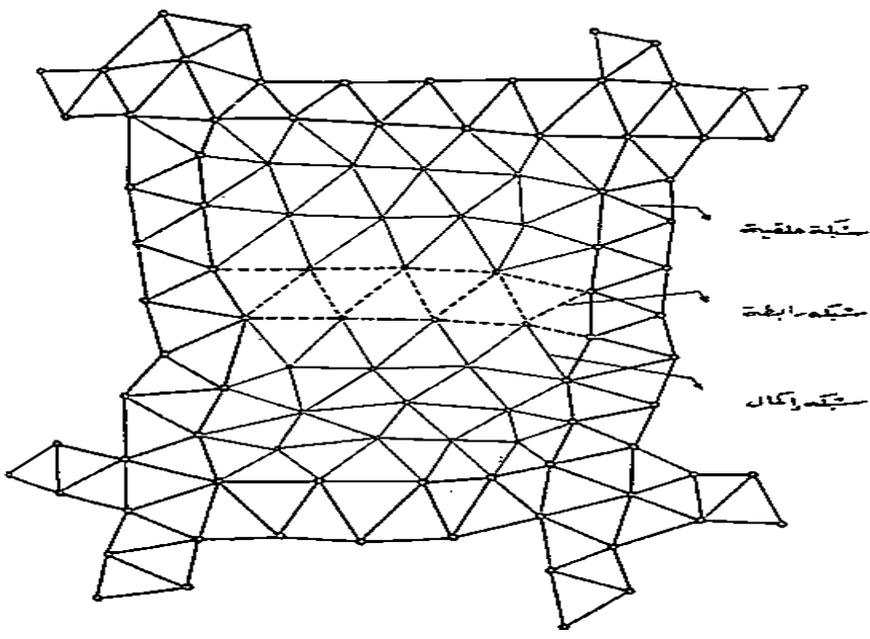
أكثر الطرق استخداماً هي تصميم سلاسل مثلثات (متوازية قدر الإمكان) على طول حدود الدولة بأطوال أضلاع قدرها $25 \div 40 \text{ km}$. وعندما تكون الدولة كبيرة أو متوسطة يمكن تصميم سلاسل مثلثات أخرى مسايرة لخطوط الطول و العرض بأبعاد تصل حتى 200 km بين السلسلة و الأخرى. ندعو هذا التصميم الأولي للشبكة المثلثاتية باسم الشبكة الحلقية، و يبين الشكل (2-2) بنية الشبكة الحلقية المذكورة.

يمكن أن تتكون الشبكة الحلقية من سلاسل مثلثات مفردة شكل (1-2-2) أو مثلثات مزدوجة شكل (2-2-2)، أو من سلاسل رباعيات أضلاع شكل (2-2-3)، أو من نظم هندسية مركزية شكل (2-2-4). وتنقسم الشبكة الأساسية المنتشرة على مساحة كبيرة جداً بسلاسل مثلثات مسايرة لخطوط الطول، أو العرض ندعوها الشبكات الرابطة شكل (2-3)، وتغطي المساحة الداخلية المتبقية بشبكة إكمال مناسبة.

تشكل الشبكة الحلقية و الشبكات الرابطة و شبكات الإكمال مع بعضها الشبكة المثلثاتية الأساسية من المرتبة I، و بتكثيف هذه الشبكة نحصل بالتسلسل على الشبكات المكثفة من المراتب II و III و IV.



الشكل (2-2) بنية الشبكة الحلقية و أشكال السلاسل ضمن الشبكة الأساسية



الشكل (3-2) بنية الشبكة الأساسية

ويبين الجدول (2-2) مواصفات دقة مختلف أنواع الشبكات الأفقية:

الجدول (2-3) مواصفات الدقة للشبكات الأفقية [18]

المرتبة	الوحدات طول الضلع (Km)	الخطأ المتوسط المسموح في قياس الزاوية (ثانية)	خطأ التسكير المسموح ضمن المثلث (ثانية)	ملاحظات
I	25÷40 وسطياً 30	±0.7	±1.5	شبكة حلقية
II	12÷20	±1.2	±4.0	شبكة رابطة
III	6÷10	±2.0	±5.0	شبكة إكمال
IV	2÷5	نقاط معينة باستخدام التقاطعات: أمامية، خلفية، مركبة		شبكات مكثفة

2-1-1-2 الشبكة الجيوديزية التفصيلية من المرتبتين II و III :

(Network Geodetic Detailed of ranked II,III):

تستند نقاط هذه الشبكة على نقاط المرتبة I، ويجب اختيار نقاطها بحيث يمكن رؤية عدد كاف من نقاط المرتبة الأعلى من أجل تعيينها و حساب إحداثياتها ضمن نظام إحداثيات الدولة، كما يجب أن تكون القياسات فائضة لإجراءات التحقيقات المناسبة. تقاس الإتجاهات بطريقة التكرار ضمن (10÷8) سلاسل في الشبكة من المرتبة II وضمن 4 سلاسل في الشبكة من المرتبة III.

ويعود تخفيض عدد سلاسل القياس في الشبكات من المرتبة الأدنى إلى صغر المسافة بين المرصد و النقطة المرصودة (أي طول ضلع الشبكة). فكما نعرف يتأثر خطأ قياس الزاوية بالانتقال العرضاني لأضلاع الزاوية المقاسة، و تكبير قيمة هذا الانتقال كلما زادت مسافة الرصد. إذاً للمحافظة على نفس المرتبة من الدقة المطلوبة نقوم بزيادة عدد مرات القياس كلما كبرت أطوال الأضلاع و هذا ينعكس على المراتب الأعلى من الشبكات. عند توزيع النقاط الجيوديزية في الطبيعية نراعي القواعد الآتية:

- تتوضع نقاط المرتبتين I و II على قمم الجبال و أعلى نقاط البلاد لكي نؤمن إجراء الرصد إليها من كافة الاتجاهات.
- تتوضع نقاط المرتبة III على التلال، و في مواقع نستطيع منها رؤية عدد كاف من نقاط المراتب الأعلى و المرتبة الأدنى.
- تتوضع نقاط المرتبة IV في السهول و بشكل يتناسب مع طوبوغرافية الموقع و مع الأهداف من إنشاء هذه الشبكة.

أخيراً: بالاستناد إلى نقاط الشبكات I و II و III تكثف الشبكة لأغراض مساحية وعقارية مختلفة و نبني بذلك الشبكة القياسية. تتعين نقاط الشبكة باستخدام عمليات التثليث و التقاطع و تقاس الاتجاهات ضمنها بطريقة التكرار ضمن ثلاث أو أربع سلاسل تامة.

2-1-1-3 التصميم، و الإستطلاع المثلثاتي، و بناء، و تثبيت النقاط المثلثاتية:

(Design and Survey Triangles and Build and Fixing Trigonometrical points):

تشمل التعليمات الناظمة في كل دولة الشروط المتعلقة بالتصميم و الإستطلاع المثلثاتي و كيفية تثبيت النقاط المثلثاتية.

قبل وضع التصميم الأولي للشبكة نحلل المعطيات المتعلقة بالتثبيت القديم الموجود على الأرض للاستفادة منها في تصميم الشبكة الحديثة. تتم التصاميم الأولية للشبكة الحقلية و لشبكة الإكمال و للشبكة المكثفة على خرائط بمقاييس $(1/100000 \div 1/25000)$. يتعلق توزيع نقاط الشبكة بنوعها (حيث يراعى البعد بين نقطتين من الشبكة) و بطبيعة الأرض و كيفية استغلالها (هل توجد ضواحي سكنية، مدينة، غابة، مصنع... الخ) و بالارتفاعات المتوقعة للأبراج المثلثاتية و بعوامل أخرى متعددة.

في الحالات الخاصة عندما تكون دقة الشبكة العامة غير كافية أو عندما يكون توزيع النقاط و درجة تكثيفها ملائمين لتنفيذ المسألة الجيوديزية الاستثنائية نضطر لاستخدام الشبكة الحرة أي شبكة غير مرتبطة بالشبكة العامة من المرتبة الأعلى.

في هذه الشبكة نقبل نظام إحداثيات محلي اعتباري مستقل عن نظام إحداثيات الدولة.

تقسم الشبكات الحرة إلى شبكات أساسية و شبكات مكثفة. الشبكات الأساسية هي على الأغلب مجموعات من النقاط المتباعدة عن بعضها بمسافات تصل حتى عدة كيلومترات. و بالتالي فإن الشبكة المكثفة هي شبكة مرتبطة بالشبكة الأساسية و إحداثياتها محسوبة ضمن نفس نظام إحداثيات الشبكة الأساسية.

قواعد تنفيذ القياسات ضمن الشبكة الحرة مشابهة لقواعد القياسات ضمن الشبكات المرتبطة. ولكن تأخذ الشبكة الحرة عموماً أشكالاً هندسية مختلفة عن الشكل الهندسي للشبكة المرتبطة. ضمن الشبكة العامة للدولة تنقيد الشبكات المرتبطة بصحة تصميمها الهندسي: تكون المثلثات متساوية الأضلاع قدر الإمكان، و تكون المسالك المضلعانية متوازية تقريباً و مستقيمة. في الشبكات الحرة لا يمكن التقيد بقواعد التصميم الهندسي السابقة لأنها أساساً مصممة لتنفيذ مسائل خاصة (شبكات محلية ضمن المدن، شبكات تنفيذ المعامل، شبكات مراقبة التشوهات في بعض المنشآت...) فيتم هنا التنازل عن شرط صحة و تناسق الشكل الهندسي من أجل ملائمة و تنفيذ الوظيفة المحددة للشبكة.

خلال تنفيذ الأعمال الترابية و أعمال الإنشاء ضمن ساحات العمل تتعرض نقاط الشبكة الحرة للتخريب و الضياع، لذا عند تصميم الشبكة الحرة نراعي أن تكون نقاط الشبكة الأساسية خارج حدود منطقة تنفيذ

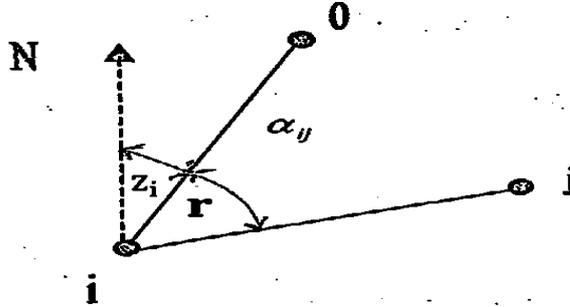
الأعمال، أما النقاط المساعدة في التنفيذ فتكون عبارة عن نقاط الشبكة المكثفة التي يمكن إعادتها في حال ضياعها اعتماداً على نقاط الشبكة الأساسية باستخدام المضلعات و المسالك المختلفة، و غالباً يتم تثبيت نقاط الشبكة المكثفة لمرة واحدة فقط من أجل إنجاز العمل أو الوظيفة المطلوبة.

2-2 القياسات الجيوديزية التقليدية: (Traditional Geodetic Measurements) :

تحدد القياسات الجيوديزية المواقع النسبية للنقاط على سطح الأرض، يعبر عن العلاقات الهندسية بين هذه النقاط بزوايا أفقية أو زاوية شاقولية أو مسافة، وعلى اعتبار أنه في هذه الدراسة سيتم التركيز على الشبكات المساحية (أي ثنائية البعد) والتي تعرف بالشبكات الأفقية فقط، لذلك فإن الاهتمام سيكون بقياس الزوايا الأفقية و المسافات.

1-2-2 قياس الزاوية الأفقية و الاتجاه: (Horizontal and Direction Measurements)

يتم عادة قياس الزاوية الأفقية باستخدام التيودوليت الالكتروني وهي تمثل الزاوية المقاسة في المستوى الأفقي ما بين الخطين الواصلين للمرصد مع نقطتي الهدف، وأما الزاوية الأفقية المقاسة مع عقارب الساعة اعتباراً من الشمال المرجعي (في حالتنا المحور y الذي يمثل الشمال الجيوديزي) إلى خط الرصد الواصل المرصد مع نقطة الهدف فهي تمثل السمات (Azimuth)، وتعتبر قيمة موجبة إذا تم قياسها مع عقارب الساعة اعتباراً من الشمال بين المرصد المرجعي إلى الخط المطلوب تحديد سمته و أما الاتجاه الأفقي (Horizontal Direction) فهو الزاوية المحصورة بين الاتجاه الصفري للمقسم الأفقي و خط الرصد الواصل بين المرصد و نقطة الهدف [1] كما مبين في الشكل (2-4) حيث أن:



الشكل (2-4) الاتجاه الأفقي لخط الرصد

في هذه الدراسة سيتم قياس الزوايا باستخدام الدوران المضاعف وذلك لزيادة الدقة و يعتبر كل دوران مضاعف (Two Faces) مجموعة قياس واحدة (One Set) و سينفذ كل قياس زاوي على الأقل في مجموعتين (Two Sets). و لإجراء القياس الزاوي لابد من تحقيق شروط الضبط المؤقت و التمركز و الأفقية و لذلك يتم تثبيت التيودوليت على حامل ثلاثي (Tripod) أو عمود بيتوني (Pillar) فيما إذا تم استخدام ثلاثية الأرجل فإن الجهاز يتم تركيزه فوق المرصد بواسطة التمركز الضوئي أو الليزر الموجود في معظم أجهزة اللايكا، أما إذا تم تثبيت التيودوليت فوق عمود بيتوني فإن تمركز التيودوليت سيكون تلقائياً عند تثبيت اللولب إلى العمود، و بالتالي فإن تمركز الجهاز سيكون أسهل و أسرع. ومن أجل

تحقيق أفقية الجهاز لابد من وضع فقاعة الزئبقية بين حديها بواسطة لولب التسوية الثلاثة الموجودة فوق قاعدة ثلاثية الأرجل. و بالتالي فإن الوقت اللازم لتركيب الجهاز على ثلاثية الأرجل و تحقيق التمرکز و التسوية يتطلب حوالي (4) دقائق.

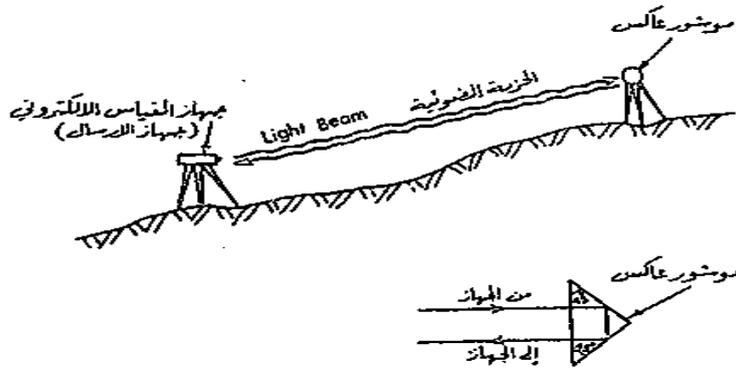
أما عند قياس اتجاه لخط فإنه من الضروري التمرکز على المرصد، و التوجيه إلى نقطة الهدف التي تكون أحياناً (عمود رصد، مأذنة جامع، برج إذاعة، صوامع حبوب...الخ) إلا أنه غالباً ما توضع إشارة عند نقطة الهدف بمساعدة ثلاثية الأرجل.

إنّ الأخطاء في القياسات الزاوية تنتج من مصادر آلية و طبيعية، و شخصية. أمّا الأخطاء الطبيعية فهي ناتجة عن تغير العوامل الجوية (درجة الحرارة، رطوبة...الخ)، و أمّا الأخطاء الشخصية فهي ناتجة عن عيب في عين الراصد، أو في إحساسه بتشغيل الجهاز، وذلك مثل خطأ في قراءة زاوية على دائرة التيودوليت أو خطأ التسديد إلى هدف و أخيراً فإن الأخطاء الآلية (المصنعية) الناتجة من عدم ضبط الجهاز المستخدم في قياس كمية ما، إذ من المستحيل تصنيع جهاز مثالي خال من الخطأ حيث أنّ نوعية الأجزاء المكونة للجهاز، و علاقتها ببعضها، و دقة تدريجاته، و نوعية مادة صنعه و عمره... الخ كلها عوامل تؤثر في دقة الجهاز. [14]

2-2-2 قياسات المسافة الكترونياً: (Electronic Distance Measurement):

عند قياس المسافة بين نقطتين محدنتين و ذلك باستخدام أحد أجهزة القياس الالكترونية، فإنه يفترض وجود جهاز القياس مثبتاً فوق أحد طرفي الخط المقاس و عاكس (Reflector) مثبتاً فوق الطرف الآخر للخط كما مبين في الشكل (2-3) وبتشغيل جهاز القياس يطلق حزمة ضوئية ذات تردد معدل باتجاه مركز العاكس الذي يقوم بدوره بعكس الحزمة إلى الجهاز، فيقوم هذا الأخير (جهاز القياس) بقياس الزمن (t) الذي استغرقت الحزمة الضوئية في اجتياز المسافة بين مركز الجهاز و مركز العاكس ذهاباً و إياباً، و بمعرفة سرعة الحزمة الضوئية (v) في الهواء يمكن حساب العلاقة (S) بين مركز الجهاز و مركز العاكس [14] بالعلاقة:

$$S = 0.5 * v * t \quad (2 - 1)$$



الشكل (2-5) قياس مسافة الكترونياً

يتضمن قياس المسافة الكترونياً أخطاء ناتجة عن أخطاء شخصية تتعلق بعدم دقة تثبيت الجهاز رأسياً فوق محطة القياس، خطأ القراءة، أخطاء طبيعية و أخطاء آلية. عند مناقشة الأخطاء في المسافات المقاسة بواسطة الأجهزة الالكترونية لابد من التمييز بين الأخطاء الثابتة و المتغيرة. يوجد الخطأ الثابت (Constant Error) في جميع الأجهزة الالكترونية، وهو على أية حال ذو قيمة صغيرة، أما الخطأ المتغير فهو يتناسب مع مقدار المسافة المقاسة و يتراوح بين جزأين إلى عشرة أجزاء من كل مليون ويعبر عنه بالشكل (ppm).

2-3 التصحيحات و الاختزال للقياسات الجيوديزية التقليدية :

(Corrections and Shorthand Traditional Geodetic Measurements):

يوجد أربع انواع من التصحيحات ستعرض كمايلي:

2-3-1 التصحيحات الناتجة عن تغيير العوامل الجوية عند قياس المسافة الالكترونية:

(Atmospheric Corrections for Electronic Distance Measurements):

تحسب التصحيحات الجوية للأرصاء الجيوديزية من أجل تصحيح الأخطاء النظامية (Systematic Errors الناتجة عن تغيرات الشروط الجوية. تستخدم أجهزة قياس المسافة الكترونياً أمواج الكترومغناطيسية كحامل للإشارات. إلا أن سرعة و انحناء هذه الأمواج يتغير عن القيم في الشروط النظامية عندما تتغير الشروط الجوية، و لذلك فإن هذه التغيرات غالباً تعتمد على معامل الانكسار المحلي. تتمثل التصحيحات الناتجة عن تغير الشروط الجوية عند قياس المسافة الكترونياً بكل من تصحيحات السرعة الأولى و تصحيحات السرعة الثانية و تصحيح مسار الموجة إلى الوتر. يتضمن تصحيح السرعة الأولى حساب معامل الانكسار الفعلي اعتماداً على درجة حرارة الهواء و ضغط الغلاف الجوي و الضغط الجزئي لبخار الماء التي يجب قياسها قبل و بعد القياسات عند كل من نهايتي خط الرصد أو على الأقل في محطة الرصد أثناء الرصد. وللحصول على خطأ في معامل الانكسار (نتيجة التغيرات الجوية) لا يتجاوز 1ppm فإنه يجب أن تكون دقة قياس درجة الحرارة لا يتجاوز $1c$ و كذلك في قياس الضغط 3.5 hpa والرطوبة 30 hpa، و أما الضغط الجزئي لبخار الماء سيتم تجاهله في أغلب الحالات .

يتضمن تصحيحات السرعة الثانية و تصحيح مسار الموجة إلى الوتر تأثير الانكسار العمودي الذي يحدد أيضاً بدرجة الحرارة المقاسة و الضغط. و في أغلب الحالات، و تحت الشروط الطبيعية (حيث لا توجد قياسات فوق سطح الجليد أو فوق رمل ساخن...الخ) فيمكن أن يكون معامل الانكسار مساوياً 0.13 بحيث يكون عندئذ تصحيح السرعة الثانية بمقدار (1ppm) لمسافات حوالي (50) كيلومتر و تصحيح الموجة إلى الوتر (1ppm) من أجل مسافات حوالي (100 km). لذلك يمكن تجاهل كلاهما في أغلب الحالات على الأقل لمسافات أصغر من (5km).

2-3-2 التصحيحات الجوية لقياس الزاوية الأفقية:

(Meteorological corrections for horizontal angular measurements):

من أجل التصحيحات الجوية للقياسات عند قياس الزاوية الأفقية يستخدم الانكسار الشاقولي للزاوية الأفقية (Lateral Refraction). يمكن تصغير تأثير الانكسار الشاقولي على قياس الزاوية الأفقية بإجراء القياس بعيداً عن سطح الأرض لتجنب تزايد درجة الحرارة. لذلك في التطبيق العملي قلماً تستخدم هذه التصحيحات و بالتالي سيتم تجاهلها في هذه الدراسة.

2-3-3 الاختزالات الهندسية للمسافة المقاسة إلى منسوب سطح البحر:

(Compressions Engineering Measured the Distance to the Sea Level Rise):

في القياسات الجيوديزية أو عندما تكون المسافات كبيرة أو يتم القياس في مناطق مناسيبها مرتفعة فإنه يلزم إسقاط المسافة الأفقية إلى منسوب سطح البحر حيث يتم اختزال القياسات بين الأجهزة و الأهداف (العواكس) إلى علامات المسح على الأرض بعد قياس كل من ارتفاع جهاز القياس و العاكس فوق علامة المسح.

2-3-4 تصحيحات أخرى: (Other Corrections):

يجب أن تكون تصحيحات معايرة الأجهزة معلومة أو لاتؤثر على تكاليف الخيارات البديلة للشبكة الجيوديزية. من أجل الاتجاهات الأفقية يتم تصحيح أخطاء معايرة الأجهزة باستخدام طرق رصد مناسبة مثل (الدوران المضاعف مثلا Two Faces) في مجموعتين (2Sets) أو أكثر حيث أن عدد المجموعات يؤثر بشكل مباشر على زمن القياسات المأخوذة و بالتالي على الكلفة، لذلك حساب الكلفة في هذه الدراسة سيتضمن عدد مجموعات قياس أي رصدة.

2-4 الضبط الأولي للشبكات الجيوديزية بطريقة التربيعات الصغرى:

(A priori Adjustment of Geodetic Networks By Least Squares):

إنّ الضبط الأولي لشبكة جيوديزية يعني التحليل المسبق لها، بحيث يتم تصميم الشبكة قبل إنجاز أي قياسات فعلية في الحقل، والتأكد من أنها تحقق مواصفات الجودة المطلوبة وذلك من خلال معرفة مواقع نقاط الشبكة و خطة الرصد (الشكل الهندسي للشبكة) و من دون الحاجة لمعرفة الكميات المرصودة. تهدف عملية الضبط بطريقة التربيعات الصغرى إلى إيجاد قيمة المجاهيل (x) الممثلة بالشعاع (x_1, x_2, \dots, x_u) بشكل مباشر أو غير مباشر بواسطة الأرصاد (L) الممثلة بالشعاع (L_1, L_2, \dots, L_N) .

يتطلب حساب شعاع المجاهيل من شعاع الأرصاد كل من النموذج التابعي (Functional Model) الذي يعبر عن العلاقة بين المجاهيل (x) و الأرصاد (L)، و أيضاً النموذج العشوائي (Stochastic Model) واصفاً دقة الأرصاد اعتماداً على مواصفات الأجهزة المستخدمة و بالتالي يمكن الحصول على جودة المجاهيل من النموذج الرياضي (Mathematical Model) الذي يحدد مصفوفة التباين (Variance Matrix) للكميات المجهولة و التي هي الاحداثيات في دراستنا. [14] ، [6]

2-4-1 النموذج العشوائي: (Stochastic Model):

اعتبرت القياسات الجيوديزية متغيرات عشوائية ذات توزيع طبيعي (توزيع غاوص) يتم التعبير عن تأثيراتها العشوائية بنموذج عشوائي محتويًا معلومات عن دقتها النسبية المحددة في مصفوفة التباين (Variance Matrix).

عند الضبط بطريقة التربيعة الصغرى يتم التعبير عن النموذج العشوائي للأرصاء بواسطة مصفوفة التباين (Σ_l) المتناظرة ($n \times n$):

$$\Sigma_l = \begin{bmatrix} \sigma_{l1}^2 & \sigma_{l1l2} & \dots & \sigma_{l1ln} \\ \sigma_{l1l2} & \sigma_{l2}^2 & \dots & \sigma_{l2ln} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{l1ln} & \sigma_{l1ln} & \dots & \sigma_{ln}^2 \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

حيث σ_i^2 التباين للقياسات .

σ_{li-lj} تمام التباين لكل زوج l_i-l_j .

تقدّر قيمة تباين القياسات σ_i^2 اعتماداً على دقة الأجهزة المستخدمة لإنجاز ذلك (مبينة في كتيب التصنيع) و التي هي دقة اسمية (Nominal Accuracies) محددة في شروط مختلفة عن الشروط الفعلية للقياسات.

يستوجب ضرب قيم هذه التباينات بمقدار (2-1.5) من أجل الحصول على النموذج العشوائي المسبق (Priori Stochastic Model) و ذلك بسبب كل من أخطاء التوجيه و التمركز و التسوية عند المرصد و الهدف. للحصول على المصفوفة Q_l (Cofactor Matrix) يجب ضرب مصفوفة التباين Σ_l بمعامل التباين لواحدة الوزن σ_0^2 كالاتي:

$$Q_l = \frac{1}{\sigma_0^2} \Sigma_l \quad (2-3)$$

وبالتالي فإن مصفوفة الوزن للأرصاء (p) تساوي:

$$p = Q_l^{-1} \quad (2-4)$$

ولكن في عملية الضبط الأولي (تصميم الشبكة) تكون الإحداثيات الفعلية لنقاط الشبكة مجهولة، لذلك يفترض أن قيمة σ_0^2 مساوية الواحد ($\sigma_0^2 = 1$) وبالتالي فإن ($Q_l = \Sigma_l$).

2-4-2 النموذج التابعي: (Functional Model):

تستخدم القياسات غالباً لاستخراج إحداثيات نقاط الشبكة، و إنّ العلاقة التابعة بين القياسات والإحداثيات تسمى النموذج التابعي لضبط الشبكة (Functional Model). إذا كان النموذج التابعي مؤلفاً من معادلات غير خطية، فيجب استخدام نظرية تايلور لتحويلها إلى معادلات خطية، وإنجاز ذلك

لابد من معرفة الإحداثيات التقريبية لنقاط الشبكة، و إجراء الحل اللازم لحساب التصحيحات الواجب إضافتها للإحداثيات التقريبية.

في هذه الدراسة، سيتم استخدام الطريقة البارامتريّة (معادلات الرصد) لإجراء عملية الضبط، وبالتالي سيكون عدد معادلات الرصد مساوياً لعدد الأرصاد، و الحصول على مصفوفة الشكل (A) الآتية:

$$A = \begin{bmatrix} (\partial_{f1}/\partial_{x1}) & (\partial_{f1}/\partial_{x2}) & \dots & (\partial_{f1}/\partial_{xU}) \\ (\partial_{f2}/\partial_{x1}) & (\partial_{f2}/\partial_{x2}) & \dots & (\partial_{f2}/\partial_{xU}) \\ (\partial_{fn}/\partial_{x1}) & (\partial_{fn}/\partial_{x2}) & \dots & (\partial_{fn}/\partial_{xU}) \end{bmatrix} \quad (2 - 5)$$

حيث أنّ :

f_i : العلاقة بين المجاهيل و الأرصاد.

x_i : الإحداثيات التقريبية للمجاهيل.

سيتم وصف هذه العلاقات التابعة لاحقاً و لابد من التأكيد على أنه لابد من أن يكون عدد الأرصاد أكبر من عدد المجاهيل لتأمين أرصاد فائضة تسمح بتطبيق طريقة التربيعة الصغرى.

2-4-3 النموذج الرياضي: (Mathematical Model):

إنّ الهدف من عملية الضبط الأولي للشبكة (تصميم الشبكة) هو تحديد مصفوفة التباين للمجاهيل (في

هذه الدراسة هي الإحداثيات ثنائية البعد) والتي تحتوي على كل المعلومات الضرورية لوصف جودة

الشبكة المدروسة. يمكن تقدير مصفوفة التباين للمجاهيل كإيلي:

$$N = (A^T \cdot P \cdot A) \quad (2 - 6)$$

$$\Sigma_{\hat{x}} = \sigma_0^2 (N^{-1}) = N^{-1} = Q_{\hat{x}} \quad (2 - 7)$$

حيث أنّ:

$Q_{\hat{x}}$: مصفوفة التباين للمجاهيل.

σ_0^2 : مصفوفة التباين لواحدة لوزن و تساوي (1) في حالة الضبط الأولي.

وتعطى مصفوفة التباين للأرصاد المضبوطة $\Sigma_{\hat{l}}$ بالعلاقة:

$$\Sigma_{\hat{l}} = A \cdot \Sigma_{\hat{x}} \cdot A^T \quad (2 - 8)$$

وأما مصفوفة التباين للتصحيحات $C_{\hat{p}}$ فهي:

$$\Sigma_{\hat{p}} = \Sigma_l - \Sigma_{\hat{l}} \quad (2 - 9)$$

ومما سبق يمكن تفسير عملية الضبط (Adjustment Process) على أنها تحويل خطي من القياسات

الأصلية إلى القياسات المصححة. أما عملية الضبط الأولي (Priori Adjustment) فهي الانتقال من

دقة القياسات إلى دقة المجاهيل.

2-5 نماذج التتابع الخطية لضبط الشبكات الثنائية:

(The Linearized Functional Model of 2-D Network Adjustment):

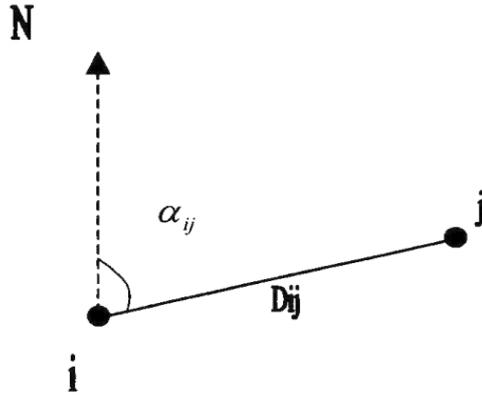
تعتبر طريقة التغيير في الإحداثيات (الطريقة البارامترية) إحدى الطرق الأساسية المتبعة في ضبط الشبكات المثلثاتية و شبكات التضليع حيث تقاس فيها الزوايا المحصورة بين الأضلاع وأطوال هذه الأضلاع. حالياً و بعد استخدام الحواسيب في أعمال الضبط المساحي تعتبر طريقة التغيير في الإحداثيات من الطرق المفضلة لذلك.

تعتمد الطريقة على تشكيل معادلات رصد تشمل التغيير الحاصل في إحداثيات نقاط الشبكة المختلفة نتيجة للفروق الناتجة من مقارنة العناصر المقيسة فيها (أطوال و زوايا) مع العناصر المتناظرة المحسوبة في الشبكة من واقع إحداثيات تقريبية لنقاط الشبكة و هذه الإحداثيات التقريبية تحدد بأية وسيلة مناسبة كالاستنتاج من خرائط قديمة أو الرسم بمقياس رسم مناسب أو بالحساب بدون التقيد بالدقة العالية.

ومن واقع معادلات الرصد هذه يتم تكوين المعادلات النظامية على أساس نظرية أقل مجموع لمربعات الفروق و ذلك بدلالة المجاهيل (التغيير في الإحداثيات) و التي بحلها يتم الحصول على القيم الأكثر احتمالاً لمقادير هذه التغييرات في الإحداثيات، و بذلك نحصل على الإحداثيات المصححة لنقاط الشبكة المختلفة و لإجراء عملية الضبط لابد من كتابة معادلة الرصد للأطوال والاتجاهات و الزوايا بدلالة التغيير في إحداثيات النقاط المحددة لنهاية خطوط أي شبكة جيوديزية. [7]، [16]

2-5-1 معادلة الرصد للأطوال: (Observed Equation for Lengths) :

إنّ العنصر الهندسي المقاس هو المسافة و المجاهيل المرتبطة بالقياسات هي إحداثيات النقاط.



الشكل (2-6) قياس المسافة بين نقطتين

نحسب المسافة بين النقطتين باستخدام الاحداثيات من العلاقة الآتية:

$$D = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad (2 - 10)$$

بالاشتقاق الجزئي للعلاقة السابقة بالنسبة للمجاهيل المتوسطة (إحداثيات النقاط)، نجد:

$$\frac{\partial D}{\partial x_j} = \frac{x_j - x_i}{D} = \sin\alpha_{ij} = a_i \quad (2-11)$$

$$\frac{\partial D}{\partial x_i} = -\frac{x_j - x_i}{D} = -\sin\alpha_{ij} = -a_i \quad (2-12)$$

$$\frac{\partial D}{\partial y_j} = \frac{y_j - y_i}{D} = \cos\alpha_{ij} = b_i \quad (2-13)$$

$$\frac{\partial D}{\partial y_i} = -\frac{y_j - y_i}{D} = -\cos\alpha_{ij} = -b_i \quad (2-14)$$

وبالتالي تكون معادلة التصحيح (الخطأ) البارامتريّة للمسافة المقاسة D هي من الشكل التالي:

$$v_D = -adx_i - bdy_i + adx_j + bdy_j + (D^0 - D) \quad (2-15)$$

حيث D^0 : المسافة المحسوبة من الإحداثيات.

D : المسافة المقاسة.

2-5-2 معادلة الرصد للاتجاهات: (Observed Equation of Direction) :

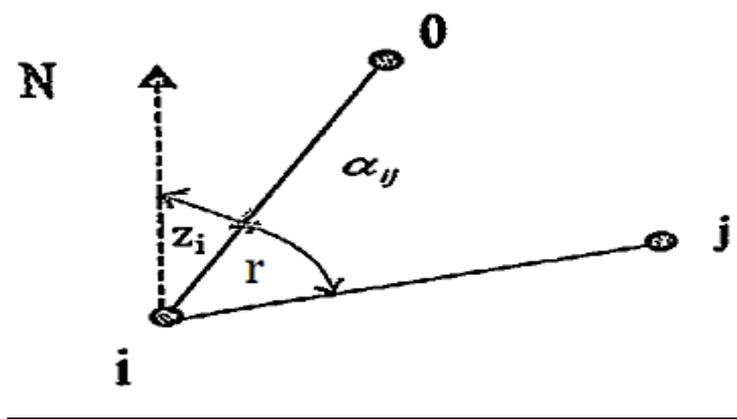
يعرّف الاتجاه الأفقي بأنه الزاوية المحصورة بين الاتجاه الصفري للمقسم الأفقي و خط الرصد بين المرصد و النقطة المرصودة.

من الشكل (7-2) نجد الرموز و المصطلحات الآتية:

Z_i : سمت الصفري و هو سمت الاتجاه الصفري في المقسم الأفقي للتيودوليت.

r : الاتجاه الأفقي لخط الرصد ij .

α_{ij} : سمت الضلع ij .



الشكل (7-2) قياس الاتجاه الأفقي

من الشكل لدينا :

$$\alpha_{ij} = z_i + r \quad (2-16)$$

ومنه:

$$r^0 = -z_i + \alpha_{ij} \quad (2 - 17)$$

وهي القيمة المحسوبة للاتجاه (i).

ومن جهة أخرى لدينا :

$$\alpha_{ij} = \arctg \frac{x_j - x_i}{y_j - y_i} \quad (2 - 18)$$

نفرض أنّ تزايد الإحداثيات dx_i, dy_i للنقطة i و أنّ تزايد الإحداثيات للنقطة j هو dx_j, dy_j فيكون تزايد السمت هو $d\alpha$ و لإيجاد العلاقة بين تزايد الاحداثيات وتزايد السمت، نقوم بالاشتقاق الجزئي للسمت بالنسبة للمجاهيل في العلاقة السابقة، فنجد:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x_i} = -\frac{y_j - y_i}{D^2} \rho = a_i \quad (2 - 19)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x_j} = \frac{y_j - y_i}{D^2} \rho = a_j = -a_i \quad (2 - 20)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial y_i} = \frac{x_j - x_i}{D^2} \rho = b_i \quad (2 - 21)$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial y_j} = \frac{x_j - x_i}{D^2} \rho = b_j = -b_i \quad (2 - 22)$$

ويكون لدينا:

$$d\alpha_{ij} = a_i dx_i + b_i dy_i - a_i dx_j - b_i dy_j \quad (2 - 23)$$

لنفرض أنّ r هو الاتجاه المقاس و أنّ v الخطأ لهذا القياس و لنعتبر أنّ d_z هي التغير في ثابتة التوجيه أو السمت الصفري، فيكون لدينا:

$$r_{ij} + v_r = -z_i + dz_i + \alpha_{ij} + d\alpha_{ij} \quad (2 - 24)$$

ومنه معادلة التصحيح (الخطأ) البارامترية للاتجاه المقاس تكتب كما يلي:

$$v_r = -z_i + dz_i + \alpha_{ij} + d\alpha_{ij} - r_{ij} \quad (2 - 25)$$

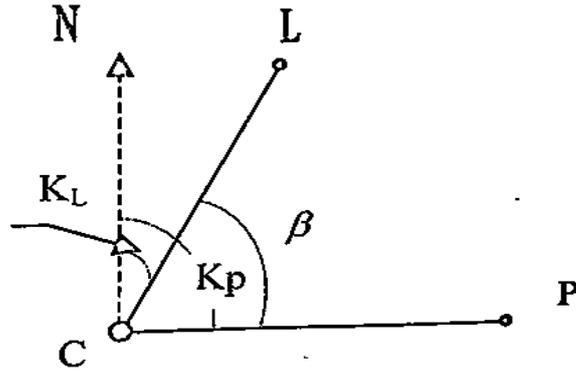
وبإدخال قيمة تغير السمت نجد:

$$v_r = -dz_i + a_i dx_i + b_i dy_i - a_i dx_j - b_i dy_j + (\alpha_{ij} + z_i - r_{ij}) \quad (2 - 26)$$

$$v_r = -dz_i + a_i dx_i + b_i dy_i - a_i dx_j - b_i dy_j + (r^0 - r_{ij}) \quad (2 - 27)$$

3-5-2 معادلة الرصد للزوايا: (Observed Equation of Angles) :

بفرض أنّ الزاوية الأفقية المحددة بالنقاط L,C,P المعلومة الإحداثيات كما في الشكل (2-8) والتي نريد إيجاد معادلة التصحيح البارامترية لتغيرها.



الشكل (8-2) قياس الزاوية الأفقية

$$\beta = \arctg \frac{x_P - x_C}{y_P - y_C} - \arctg \frac{x_L - x_C}{y_L - y_C} \quad (2 - 28)$$

بالاشتقاق الجزئي لهذه العلاقة بالنسبة للمجاهيل تكون معادلة التصحيح البارامترية للزاوية الأفقية كمايلي:

$$\begin{aligned} V_\beta = & \left[\frac{y_L - y_C}{D_{CL}^2} - \frac{y_P - y_C}{D_{CP}^2} \right] dx_C + \left[\frac{x_C - x_L}{D_{CL}^2} - \frac{x_C - x_P}{D_{CP}^2} \right] dy_C + \left[\frac{y_C - y_L}{D_{CL}^2} \right] dx_L \\ & + \left[\frac{x_L - x_C}{D_{CL}^2} \right] dy_L + \left[\frac{y_P - y_C}{D_{PC}^2} \right] dx_P + \left[\frac{x_C - x_P}{D_{CP}^2} \right] dy_P \\ & + (\beta^0 - \beta) \end{aligned} \quad (2 - 29)$$

حيث أن:

β^0 : القيمة التقريبية للزاوية و تحسب من الإحداثيات التقريبية.

β : القيمة المقاسة للزاوية.

الفصل الثالث

تحليل الجودة في الشبكات الجيوديزية ومعاييرها

Quality Analysis in Geodetic Networks and Standards

1-3 مقدمة: Introduction:

إنّ تأسيس الشبكات الجيوديزية يعني تحديد قيم بعض المتغيرات ($x_i: i = 1, 2, \dots, u$) عن طريق قياس (n) من الأرصاد ($L_j: j = 1, 2, \dots, n$) المرتبطة مع هذه المتغيرات بعلاقات محددة. لتقليل تأثير أخطاء الأرصاد على قيم المتغيرات المحسوبة فإنه يتم رصد عدد من الأرصاد فائض عن الحاجة لضبط الشبكة بطريقة التربيعة الصغرى (البارامترية في دراستنا). بعد إنجاز عملية الضبط نحصل على المتغيرات و الأرصاد المضبوطة بشكل نهائي، بالإضافة الى دقتهم التي تؤخذ كقياس لجودة الشبكة (Quality Measure).

يعرض هذا الفصل مفهوم الأرصاد و الأخطاء الموجودة فيها، وأيضاً المعايير المختلفة لجودة الشبكات الجيوديزية ممثلة بمعايير أساسيين هما: الدقة (Precision) والموثوقية (Reliability).

2-3 تعاريف ومفاهيم: Definitions and Concepts:

1-2-3 القياسات و الأخطاء : Measurements and the Errors :

يتم تحديد قيم مجموعة من المتغيرات [$x_i (i = 1, 2, \dots, u)$] إما بالقياس المباشر أو بالقياس غير المباشر ل (n) رصدة [$L_j (j = 1, 2, \dots, n)$] مرتبطة مع المتغيرات المطلوبة بعلاقات هندسية محددة ممثلة في النموذج التابعي (Functional Models) كما ذكر في الفصل الثاني. وعادة يتم قياس كل رصدة مرة أو أكثر و من ثم تحسب القيمة المتوسطة لهذه الرصدة.

يتطلب إجراء القياس لأي رصده تحقيق شروط الضبط المؤقت (التمركز، التسوية، المطابقة) والتوجيه و من ثم القراءة . تؤثر كل من هذه العوامل على قيمة الرصدة، بحيث أن أي تغيير في أحد هذه العوامل سيؤدي الى تغيير القيمة المقاسة للرصدة، و على اعتبار أنه لا يوجد رصده خالية من الأخطاء فإنه يمكن تقدير القيمة الحقيقية بحساب القيمة الأكثر احتمالاً للرصدة (المتوسطة الحسابية) ومن ثم يحسب الفرق بين القيمة الأكثر احتمالاً (\hat{x}) والقيمة المقاسة (x) معبراً عنه بالخطأ (v):

$$v = \hat{x} - x \quad (3.1)$$

بشكل عام، تصنف الأخطاء بثلاث أنواع، الأغلط (Gross Errors)، الأخطاء النظامية (Systematic Errors) و الأخطاء العشوائية (Random Errors) وسيتم تلخيصها كآتي:

3-1-2-1 الأخطاء: Gross Errors: [10]-[18]

الغلط هو الخطأ الفادح الناتج من فوضى الراصد و إهماله أو قلة خبرته وحكمته في القياس أو الحساب أو كليهما معاً .

3-1-2-2 الأخطاء النظامية Systematic Errors:

الخطأ الناتج هو خطأ متراكم ناتج من تأثير الشروط نفسها سواءً الراصد أو جهاز القياس أو العوامل الجوية أو كلها مجتمعة، وله دوماً القيمة و الإشارة نفسها ، تتبع هذه الأخطاء قوانين رياضية أو فيزيائية، وبالتالي يمكن حساب قيمتها و إجراء التصحيح المناسب للكمية السابقة. إن مثل هذا الخطأ له طبيعة ثابتة فهو إما موجب أو سالب، مما يجعل النتيجة كبيرة أو صغيرة.

3-1-2-3 الأخطاء العشوائية: Random Errors:

بعد إزالة تحديد الأغلط والأخطاء النظامية من الكميات المقاسة تبقى أخطاء بمقادير صغيرة تسمى الأخطاء العشوائية، فهي ذات قيم صغيرة بشكل عام و تارةً تأخذ إشارة سالبة و تارةً موجبة، فهي لا تتبع القوانين الفيزيائية، بل قوانين الاحتمالات الرياضية. تعتمد دراسة تحليل الشبكات في هذه الأطروحة على فرضية أن الأرصاد لا تحوي إلا الأخطاء العشوائية حيث تم حذف كل من الأغلط و الأخطاء النظامية.

3-1-2-4 انتشار الأخطاء Error Propagation:

هناك كميات لا يمكن قياسها مباشرة، ولذلك يتم إجراء قياسات غير مباشرة لتحديدها، يمكن تحديد هذه الكميات المجهولة (X) من الأرصاد (L) اعتماداً على النموذج التابعي الذي يربط (X) و (L) ويعبر عنه بالشكل $F(X, L) = 0$. و كما ذكر سابقاً فإن القيمة المتوسطة \bar{L}_i للرصد L_i هي القيمة الأكثر احتمالاً للقيمة الحقيقية، وتحتوي على خطأ عشوائي يعبر عنه بالخطأ المتوسط التربيع للمتوسطة الحسابية $\sigma_{\bar{L}_i}$ ، وبالتالي فإن الكمية المجهولة (x_i) والتي تم حسابها من هذه الأرصاد هي ليست قيمة حقيقية وذلك لأنها تحتوي خطأ عشوائي σx_j ناتج عن انتشار الأخطاء العشوائية للأرصاد L_i في النموذج التابعي (L_i)

$\sigma x_j = f$ وبالتالي إذا كان شعاع المجاهيل $(x)_{v,1}$ مرتبط بشعاع الأرصاد $(L)_{n,1}$ بالعلاقة: [15]

$$X_{u,1} = F_{u,1}(L_{n,1}) \quad (3 - 2)$$

فإن مصفوفة التباين $\sum x$ ستكون:

$$\sum_{x(u,u)} = J_{u,n} \cdot \sum_{L_{n,n}} \cdot J_{n,u}' \quad (3 - 3)$$

حيث أن :

$\sum L_{n,n}$: مصفوفة التباين للأرصاد.

يستخدم المصطلح تمام التباين (Covariance) كمقياس لدرجة الارتباط (Degree of Correlation) أي مركبتين من مركبات هذا المتغير المتعدد القيم، ويرمز لها (σ_{xy}) للمركبتين x, y . يعبر عنه بالعلاقة:

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum (\bar{x} - x_i)(\bar{y} - y_i) \quad (3-8)$$

حيث أن :

n : عدد مرات القياس.

σ_{xy} : الانحراف النظامي (الخطأ المتوسط التربيع) للرصدتين x, y .

ويعبر عن تمام التباين (Covariance) للقيمة المتوسطة للمركبتين x, y بالعلاقة:

$$\sigma_{\bar{x}\bar{y}} = \frac{\sigma_{xy}}{n} \quad (3-9)$$

يتم تجميع الـ (Variance) و الـ (Covariance) في مصفوفة واحدة تسمى (Variance - Covariance Matrix) وتختصر بالشكل (V-C Matrix) أو تسمى بشكل بسيط (Covariance Matrix) ويرمز لها بـ (Σ). ويعبر عن (V-C) لأي متغير متعدد القيم مثل $M = (X, Y, Z)$ بالشكل:

$$\Sigma_M = \begin{bmatrix} \sigma_X^2 & \sigma_{XY} & \sigma_{XZ} \\ \cdot & \sigma_Y^2 & \sigma_{YZ} \\ \cdot & \cdot & \sigma_Z^2 \end{bmatrix} \quad (3-10)$$

تتميز هذه المصفوفة بأنها متناظرة (Symmetric)، وفي حال الكميات غير مترابطة، فإن جميع قيم اللاقطرية (Covariance) تساوي الصفر. وتكون المصفوفة (v-c) :

$$\Sigma_M = \begin{bmatrix} \sigma_X^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_Y^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_Z^2 \end{bmatrix} \quad (3-11)$$

اعتماداً على الأرصاد و التي هي متغيرات عشوائية يمكن الحصول على المجاهيل و التي تعرف أيضاً بالمتغيرات العشوائية (Random Variables) يكون لهذه المتغيرات العشوائية توزيعات محتملة خاصة بها (Propability Distribution) و يعتبر التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) من أهم هذه التوزيعات.

3-2-3 مفهوم الوزن: (The concept of the weight) :

الوزن هو مقياس آخر لدقة الأرصاد. تنفذ عادة هذه الأرصاد بواسطة نفس الراصد و باستخدام جهاز ملائم و في ظروف جوية محددة، وبالتالي فإن تغير أي من هذه المصادر سيؤدي الى تغير دقة الرصد

و بالتالي وزنها الذي يزداد كلما زادت دقتها، حيث أن وزن الرصدة المفردة (p_i) يتناسب عكساً مع تباين الرصدة (σ_i^2)، أي:

$$p_i = k / \sigma_i^2 \quad (3 - 12)$$

وفيما إذا هناك رصدة تملك وزناً مساوياً الى الواحد ($p_i = 1.0$) فإن تباين هذه الرصدة سيكون σ_0^2 مساوياً:

$$1 = k / \sigma_0^2 \quad (3 - 13)$$

$$\sigma_0^2 = k \quad (3 - 14)$$

وبالتالي:

$$p_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_i^2} \quad (3 - 15)$$

حيث أن:

σ_0^2 : تباين وحدة الوزن (Variance of Unit Weight) أو تسمى أحياناً معامل التباين (Variance Cofactor) أو التباين المرجعي (Reference Variance).

تعطى مصفوفة الوزن الكاملة لمجموعة (n) من الأرصاد (L) بالشكل التالي:

$$P_{n,n} = \sigma_0^2 \cdot \Sigma_L^{-1} \quad (3 - 16)$$

من أجل الأرصاد غير مترابطة فإن الشكل العام لمصفوفة الوزن سيكون:

$$p = \begin{bmatrix} \sigma_0^2 / \sigma_1^2 & 0 & 0 \dots 0 \\ \cdot & \sigma_0^2 / \sigma_2^2 & 0 \dots 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 \dots \sigma_0^2 / \sigma_n^2 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

4-2-3 معايير جودة الشبكات الجيوديزية:

Measures Of Quality Of Geodetic Networks:

يتم تحديد جودة الشبكات الجيوديزية بتقدير تأثير الأخطاء العرضية للأرصاد على قيمة المتغيرات (الإحداثيات). وعلى اعتبار أن توزع أخطاء الأرصاد منتظماً على الأغلب فإنه يعبر عن جودة المتغيرات (الإحداثيات) بقيمة الأخطاء التي يمكن توقعها باحتمال معين.

يوجد مقاييس عديدة للجودة منها: الدقة المحلية (Local Precision)، والدقة الإجمالية (Global Precision)، والموثوقية الداخلية (Internal Reliability)، والموثوقية الخارجية (External Reliability)، والمتانة (Strength)، و الكلفة (Cost).

3-2-4-1 متانة الأشكال: The strength of figure: [20]

إنّ أساس حساب إحداثيات النقاط لأي شبكة مثلثات. كما هو جوهر عملية التثليث يعتمد على حساب أطوال أضلاع المثلثات باستخدام قاعدة الجيوب sinus rule. وذلك انطلاقاً من خط القاعدة المعلوم. وباستخدام الزوايا المعدلة (المصححة). وعليه فإن الشكل الهندسي للشبكة أو بمعنى آخر القيم العددية لزوايا المثلثات يجب أن تكون بين 30° و 120° (درجة)، لأن أي خطأ فيها يغير في أطوال الأضلاع كثيراً. نظراً إلى سرعة تغير جيوب هذه الزوايا، والذي يؤثر على دقة حساب الأضلاع. فكلما زاد معدل التغير في لوغاريتم جيب الزاوية قلت الدقة، فالزوايا الحادة جداً و المنفرجة جداً، تعطي دقة أقل من الزوايا القائمة.

يستخدم للتعبير عن مدى صلاحية الشكل الهندسي لشبكة المثلثات، ما يعرف بمتانة الشكل (أو قوة الشكل) strength of figure أو الشبكة المستقلة تماماً عن دقة الأرصاد التي تجري في الحقل. بمعنى آخر، ليس من الضروري أن يكون الشكل المتين للشبكة، وفق علاقة الجيوب. أو أن يكون هذا التأثير بسيطاً لا يتجاوز الحدود المسموحة بها. تتوقف متانة الأشكال على عدد الشروط الهندسية في الشبكة وعدد الاتجاهات المرصودة. والقيم العددية لزوايا الأشكال وكذلك عدد المثلثات الموجودة في الشبكة بين خطي القاعدتين.

- أشكال شبكات المثلثات: Figures of the triangular networks :

يجب أن تراعى مجموعة من الشروط عند اختيار نقاط المثلثات و تشكيل الشبكات. و أن تكون ذات أشكال هندسية سهلة (مثلثات، أشكال رباعية ذات قطرين، أشكال ذات نقطة مركزية) حيث نضمن أن تكون الشبكة ذات دقة عالية، ويتوافر فيها عدد كاف من الشروط الهندسية التي تساعد في عملية الضبط والحساب. و إن تحديد و اختيار شكل الشبكة يتوقف غالباً على شكل المنطقة المراد إجراء المسح لها و مقدار مساحتها، و طبيعة (طبوغرافية) الأرض و على دقة الأعمال المساحية المطلوبة. وأشكال شبكات المثلثات هي التالية:

- السلاسل الفردية.
- السلاسل المزدوجة.
- أشكال ذات مركز:
- مثلث بنقطة مركزية.
- رباعي بنقطة مركزية.

- شكل متعدد الأضلاع بنقطة مركزية.

• الأشكال المتداخلة.

2-4-2-3 معيار الدقة: Precision Criteria :

معيار الدقة هو معيار جودة يبين خصائص انتشار الأخطاء العرضية، إذ يعبر عن مدى اقتراب القياسات المتكررة لكمية مقيسة من القيمة الأكثر احتمالاً لها (المتوسطة الحسابية) وهذا ما توضحه مصفوفة التباين لإحداثيات الشبكة (Variance-Covariance) والتي تعرف بالرمز Σ_x . يوجد كميات عديدة لقياس الدقة وجميعها مستخرجة من مصفوفة تباين متغيرات الشبكة (إحداثياتها) والتي تعطى بالعلاقة:

$$\Sigma_x = \sigma_0^2 (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \quad (3.18)$$

حيث أن: A: مصفوفة الشكل. P: مصفوفة الوزن. A^T : منقول مصفوفة الشكل.

يتبين من هذه المعادلة أن الدقة تعتمد على مصفوفة الشكل (A) وعلى جودة الأرصاد المعبر عنها بمصفوفة الوزن (p). من هذه المعايير: [13] ، [15]

A - معيار الدقة المحلية (Local Precision) :

إنّ الدقة المحلية هي معيار جودة يعبر عن مدى تأثير أخطاء الأرصاد على موضع (إحداثيات) كل نقطة من نقاط الشبكة الجيوديزية بمفردها. ولها أنواع عديدة :

A - 1 الانحراف النظامي للمتغيرات (الإحداثيات):

Standard Deviations of the Parameters

وهو يمثل الانحراف النظامي للإحداثيات في اتجاه (x) أو (y) أو (z) إلا أنه لا يعبر عن الانحراف المثالي الممثل في أكبر أو أصغر قيمة للخطأ حول النقطة. يتم حساب الانحراف النظامي لمتغيرات أي نقطة في الشبكة كجذر تربيعي للتباين الموافق لها في القطر الرئيسي لمصفوفة التباين Σ_x .

2-A القطع الناقص المطلق للخطأ (The Absolute Error Ellipse) :

هو مقياس الخطأ في كل الاتجاهات حول نقطة محددة من الشبكة الجيوديزية، وبحيث يتم تحديد أكبر و أصغر قيمة للخطأ حول النقطة، ويتم حسابه من مصفوفة التباين Σ_x كما يلي:

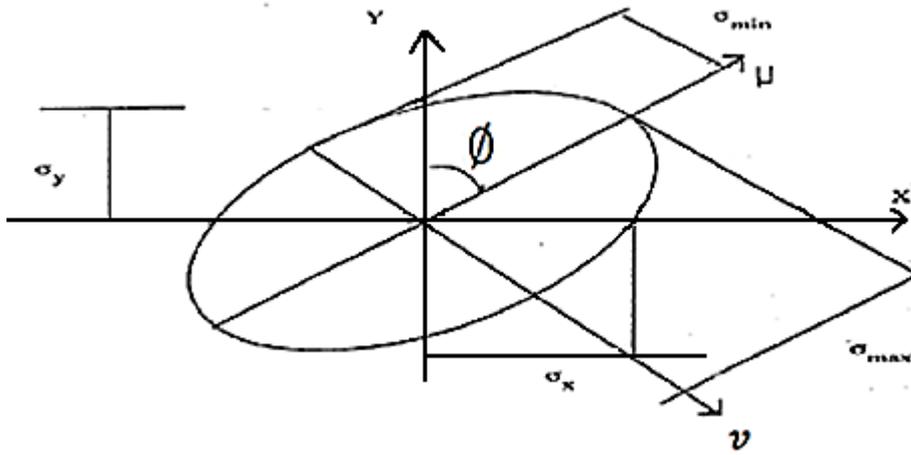
$$a^2 = \frac{1}{2} (a_{xi}^2 + a_{yi}^2 + k) = \text{مربع المحور الرئيسي الصغير} \quad (3 - 19)$$

$$b^2 = \frac{1}{2} (\sigma_{xi}^2 + \sigma_{yi}^2 - k) = \text{مربع المحور الثانوي الصغير} \quad (3 - 20)$$

$$\tan 2\phi_i = \frac{2\sigma_{xi}\sigma_{yi}}{\sigma_{xi}^2 - \sigma_{yi}^2} = \text{اتجاه المحور الرئيسي} \quad (3 - 21)$$

حيث أن:

$$k = \sqrt{(\sigma_{xi}^2 - \sigma_{yi}^2)^2 + 4(\sigma_{xi}\sigma_{yi})^2} \quad (3 - 22)$$



الشكل (1-3) عناصر القطع الناقص المطلق للخطأ

3-A القطع الناقص النسبي للخطأ: (The Relative Error Ellipse):

وهو يعبر عن اللامركزية في المواضع النسبية لنقطتين من نقاط الشبكة الجيوديزية كل بالنسبة الى الأخرى. تحسب عناصر القطع الناقص النسبي للخطأ من مصفوفة التباين لفروقات الإحداثيات $C_{\Delta i,j}$ ، حيث أن:

$$\Delta x = x_j - x_i \quad (3 - 23)$$

$$\Delta y = y_j - y_i \quad (3 - 24)$$

$$\Delta z = z_j - z_i \quad (3 - 25)$$

تكتب المعادلات السابقة في جبر المصفوفات على الشكل:

$$\Delta = JX \quad (3 - 26)$$

$$C_{\Delta} = J^T C_{ij} J \quad (3 - 27)$$

C_{ij} : المصفوفة الجزئية المرتبطة بالنقطتين (i) و (j) والمستخرجة من مصفوفة التباين الكلية Σ_x . بشكل نهائي:

$$C_{\Delta} = \begin{bmatrix} \sigma_{\Delta x}^2 & \sigma_{\Delta x \Delta y} & \sigma_{\Delta x \Delta z} \\ \cdot & \sigma_{\Delta y}^2 & \sigma_{\Delta y \Delta z} \\ \cdot & \cdot & \sigma_{\Delta z}^2 \end{bmatrix} \quad (3 - 28)$$

أما من أجل نقطة في شبكة ثنائية البعد فيكون:

$$C_{\Delta} = \begin{bmatrix} \sigma_{\Delta x}^2 & \sigma_{\Delta x \Delta y} \\ \sigma_{\Delta y \Delta x} & \sigma_{\Delta y}^2 \end{bmatrix} \quad (3 - 29)$$

حيث أن :

$$\sigma_{\Delta x}^2 = \sigma_{xi}^2 + \sigma_{xy}^2 - 2\sigma_{xixj} \quad (3 - 30)$$

$$\sigma_{\Delta y}^2 = \sigma_{yi}^2 + \sigma_{yj}^2 - 2\sigma_{yiyj} \quad (3 - 31)$$

$$\sigma_{\Delta x \Delta y} = \sigma_{xiyi} - \sigma_{xiyj} - \sigma_{xjyi} - \sigma_{yjxi} \quad (3 - 32)$$

عندئذ، تحسب عناصر القطع الناقص النسبي للخطأ في نقطة من نقاط الشبكة الجيوديزية وفق المعادلات

$$a_r^2 = \frac{1}{2}(\sigma_{\Delta x}^2 + \sigma_{\Delta y}^2 + k) = \text{مربع المحور الصغير الرئيسي} \quad (3 - 33)$$

$$b_r^2 = \frac{1}{2}(\sigma_{\Delta x}^2 + \sigma_{\Delta y}^2 - k) = \text{مربع المحور الصغير الثانوي} \quad (3 - 34)$$

$$\tan 2\phi_i = \frac{2\sigma_{\Delta x}\sigma_{\Delta y}}{\sigma_{\Delta x}^2 - \sigma_{\Delta y}^2} = \text{اتجاه المحور الرئيسي} \quad (3 - 35)$$

حيث أن:

$$k = \sqrt{(\sigma_{\Delta x}^2 - \sigma_{\Delta y}^2)^2 + 4(\sigma_{\Delta x}\sigma_{\Delta y})^2} \quad (3 - 36)$$

B- معيار الدقة الإجمالية (Global Precision):

يبين معيار الدقة الإجمالية تأثير دقة الأرصاد على المواضع المحسوبة لجميع نقاط الشبكة بأكملها، ويستخدم هذا لمقارنه الأشكال المختلفة للشبكات الجيوديزية. ولهذا المعيار أنواع عديدة منها:

B-1 التباين المتوسط لجميع نقاط الشبكة:

(The Mean Variance of All Points in a Network):

إنه قيمة وحيدة تصف دقة الشبكة كاملة. ويعبر عن التباين المتوسط في الشبكة الجيوديزية المؤلفة من

(m) نقطة بالعلاقة الآتية:

• في حالة الشبكة ثنائية البعد (2-D):

$$\sigma_{av}^2 = \frac{1}{2m} \text{trac} \left(\sum x \right) \quad (3 - 37)$$

• في حالة الشبكة ثلاثية البعد (3-D):

$$\sigma_{av}^2 = \frac{1}{3m} \text{trac} \left(\sum x \right) \quad (3 - 38)$$

$\text{trac} \left(\sum x \right)$: هو مجموع عناصر القطر الرئيسي للمصفوفة $\sum x$

هذا المعيار لا يعطي معلومات كافية عن دقة الشبكة و لكنه يعتبر معيار عام.

2-B القيمة الذاتية العظمى لمصفوفة التباين:

(The Maximum Eigen Value of the Covariance Matrix):

يعتبر نصف القطر الأعظمي للقطع الناقص للخطأ في الاتجاه (u) هو الجذر التربيعي للقيمة العظمى وبالتالي الشبكة الأفضل هي التي تعطي أصغر قيمة ذاتية من بين القيم الذاتية العظمى من المصفوفة ($\sum x$) لكل شبكة. وهي تستخدم لأغراض المقارنة.

3-B القطع الناقص المطلق المتوسط للخطأ:

(The Mean Size of Absolute Error Ellipse):

يمكن التعبير عن قيمة القطع الناقص للخطأ المطلق بقيمة وحيدة تمثل مساحة القطع الناقص للخطأ. تحسب هذه المساحة في جميع المحطات و من ثم يؤخذ المتوسط. هذا المعيار لا يعطي معلومات كافية عن الشبكة الجيوديزية.

3-4-2-3 معيار الموثوقية: (The Reliability Criteria) :

إنّ معيار الدقة (Precision) هو أهم العوامل المستخدمة لتحديد جودة الشبكات الجيوديزية، إلا أنه ليس كاف بمفرده و ذلك لأن الأرصاد يمكن أن تحتوي خطأ نظامي (Systematic Error) أو غلط (Gross Error=Blunder) غير مكتشف، وبالتالي سيؤثر ذلك على دقة المجاهيل المحسوبة (إحداثيات نقاط الشبكة). فمثلا شبكة تضليع مرصودة بجهاز (EDM) يمكن أن تعطي معيار دقة جيد إلا أن الإحداثيات المضبوطة لهذه الشبكة منزاحة عن القيمة الحقيقية (القيمة الأكثر احتمالاً) نتيجة أخطاء لم يتم اكتشافها في الأرصاد و بالتالي فهي ليست موثوقة.

يتم التعبير عادة عن موثوقية الشبكة الجيوديزية كما عرفها (Baarrada 1968) بموثوقية داخلية

(Internal Reliability) و موثوقية خارجية (External Reliability). [1]، [4]

i: الموثوقية الداخلية: (Internal Reliability) :

تشير هذه الموثوقية الى مقدرة الشبكة الجيوديزية على اكتشاف الأخطاء النظامية (Systematic Errors) أو الأغلط (Gross Errors) في الأرصاد، وذلك عن طريق اختبارات إحصائية.

يمكن التعبير عن الموثوقية الداخلية باستخدام مفهوم العدد الفائض (Redundancy Number) والذي

يمكن تلخيصه بما يلي على اعتبار أن معادلة الرصد الخطية (Linearized Observation Equation)

تكتب بالشكل التالي :

$$v = Ax + L \quad (3 - 39)$$

وأما مصفوفة تباين الأخطاء العرضية فتعطى بالعلاقة:

$$Q_v = Q_{l0} - Q_{la} \quad (3 - 40)$$

أو بالشكل:

$$= p^{-1} - AN^{-1}A^T \quad (3 - 41)$$

حيث أن :

Q_{lo} : مصفوفة تباين الأرصاد المقاسه.

Q_{la} : مصفوفة تباين الأرصاد المضبوطة.

$$(A^T.P.A)^{-1}; N^{-1}$$

وباستخدام (Trace Operator) نجد:

$$\text{Tr}(Q_v P) = \text{Tr}(I - AN^{-1}A^T P) \quad (3 - 42)$$

$$= \text{Tr}(I) - \text{Tr}(AN^{-1}A^T P) \quad (3 - 43)$$

$$= n - \text{Tr}(N^{-1}.A^T.P.A) \quad (3 - 44)$$

$$= n - u = r = \text{degree of freedom} \quad (3 - 45)$$

وبترميز عناصر القطر الرئيسي للمصفوفة $(Q_v P)$ بالرمز (r_i) فيكون:

$$\sum r_i = n - u \quad (3 - 46)$$

أي أنّ مجموع العناصر القطرية للمصفوفة $(Q_v P)$ يساوي عدد درجات الحرية. ويسمى العنصر (r_i) العدد الفائض للرصد (i) والذي يعبر عن القيمة التي تساهم فيها الرصد (i) في عدد درجات الحرية للشبكة ككل.

وعلى اعتبار أن مصفوفة الوزن (p) مصفوفة قطرية واحدة، فإنه عندئذ يمكن كتابة:

$$r_i = q_i p_i = \frac{\sigma_{vi}^2}{\sigma_{li}^2} \quad (3 - 47)$$

حيث أن:

q_i : العنصر القطري للرصد (i) في مصفوفة تباين الأخطاء العرضية Q_v .

σ_{li}^2 : دقة الرصد (i).

واعتماداً على المعادلة (3-42) نجد أن :

$$0 \leq q_i \leq \frac{1}{p_i} \quad (3 - 48)$$

وبضرب المعادلة (3 - 48) ب p_i نجد أن:

$$0 \leq r_i \leq 1 \quad (3 - 49)$$

واعتماداً على المعادلة:

$$Q_{la} = Q_{lo} - Q_v \quad (3 - 50)$$

نجد مايلي:

1- إذا قيمة (r_i) تقترب من قيمة الواحد (1) ، فإن قيمة الخطأ المتوسط التربيعي لخطأ الرصدة (σ_{vi}) سيقترب من قيمة الخطأ المتوسط التربيعي للرصدة المرصودة Q_{I0} ، وبالتالي فإن الخطأ المتوسط التربيعي للرصدة المضبوطة (Q_{I0}) فسيقترب من قيمة الصفر (0)، وهذا يشير إلى موثوقية داخلية عالية.

2- إذا قيمة (r_i) تقترب من قيمة الصفر (0)، فإن قيمة (σ_{vi}) سيقترب من قيمة الصفر، و بالتالي فإن قيمة (σ_{Ia}) ستقترب من قيمة (σ_{Ib}) ، وهذا يشير إلى موثوقية داخلية منخفضة جداً. إذا لقياس الموثوقية الداخلية بواسطة العدد الفائض، فإنه يجب حساب (r_i) لكل رصدة، و من ثم أخذ القيمة الأكبر (r_{imax}) كمقياس للموثوقية الداخلية.

ومن الأفضل لمقارنة موثوقية الشبكات استخدام مقياس الموثوقية الداخلية الإجمالية (Global Internal Reliability) والذي يمثل القيمة المتوسطة لمجموع الأعداد الفائضة للأرصاد.

$$r_{av} = \frac{\sum r_i}{n} \quad (3 - 51)$$

وحيث حدد pope أن العدد الفائض المتوسط للشبكة الجيوديزية ذات الموثوقية الجيدة يجب أن لا يقل عن 0.5 أي (50%):[4]

$$r_{av} \geq 0.5 \quad (3 - 52)$$

ii: الموثوقية الخارجية (External Reliability):

تبين الموثوقية الخارجية مدى تأثير أخطاء الأرصاد النظامية أو الأغلط غير المكتشفة على المتغيرات المحسوبة (المجاهيل) و أي توابع لهم.

اقترح Baarda معيار الموثوقية الخارجية الاجمالية (λ_{0i}) التالي:[4]

$$\lambda_{0i}^2 = \frac{1 - r_i}{r_i} \delta_0^2 \quad (3 - 53)$$

حيث أن:

δ_0 : تعبر عن متغير اللامركزية و تحسب من الاختبارات الاحصائية.

يتبين من العلاقة (3-53) أن قيمة الموثوقية الخارجية تعتمد على الأعداد الفائضة، و لذلك كلما قلت قيمة العدد الفائض (r_i) فإن قيمة الموثوقية الخارجية (λ_{0i}) ستكون كبيرة، و هذا مؤشر على تأثير الأغلط أو الأخطاء النظامية على المجاهيل، مع ملاحظة أنه فيما إذا كانت قيمة λ_{0i} متساوية تقريباً في كل الأرصاد فهذا يشير الى تجانس الشبكة الجيوديزية بالنسبة للموثوقية الخارجية و أن الأخطاء النظامية تحديداً لم تكتشف في الأرصاد و بالنتيجة فإنه يوصى بالابتعاد عن الأعداد الفائضة الصغيرة.

الفصل الرابع

كلفة تصميم الشبكات الجيوديزية

Cost of Design Geodetic Network

1-4 مقدمة: Introduction:

تعتبر الشبكات الجيوديزية من وجهة النظر الاقتصادية على أنها منتج (سلعة) يتطلب إنتاجه كلفة مادية محددة، إلا أنَّ المسَّاح يسعى لأن تكون هذه الكلفة (بالزمن والمصاريف) أقل ما يمكن مع الحفاظ على جودة الشبكة الممثلة بدقتها و موثوقيتها.

يهتم هذا الفصل بنموذج كلفة القياسات التقليدية (مسافات الكترونية - اتجاهات أفقية) وعرض نماذج الكلفة المستخدمة التي تتألف من نفقات ثابتة (Fixed Costs) و نفقات متغيرة (Variable Costs).

2-4 مفهوم الكلفة: The Cost Model

من الناحية الاقتصادية يعتبر تصميم شبكة جيوديزية منتجاً ونرمز له (p) . يتطلب إنتاجه كلفة مادية قدرها $c(p)$ وبحيث يحقق جودة محددة $Q(p)$ ممثلة في الجيوديزيا بدقة و موثوقية هذه الشبكة. يسعى المساح إلى تقليل $c(p)$ لكن لا بد أن تواجهه بعض المتطلبات الدنيا (أو العظمى) لتحقيق $Q(p)$. يمكن تقسيم إنتاج $c(p)$ الى عدد من الخطوات الفردية (المنتجات الثانوية) ولنرمز لها (p_1, p_2, \dots, p_m) والتي يقسم كل منها أيضاً إلى نشاطات أصغر و لنرمز لها (a_1, a_2, \dots, a_n) . [1]. لذلك يجب أن نحدد في كل خطوة أي النشاطات ستكون متغيرات، و ماهي كلفة كل بديل من بدائل تصميم الشبكة. في البداية يجب تحديد الكلفة لكل قياس من القياسات الممكنة (قياس اتجاه أفقي أو قياس مسافة الكترونية).

ويتم التعبير عن تابع الكلفة ب $c(p)$:

$$c(p) = \sum c(p_m) \quad (4 - 1)$$

$$c(p_m) = \sum (c(a_n)) \quad (4 - 2)$$

حيث أنَّ :

m: طريقة الرصد و سنناقش هنا فقط $m=1,2$ فقط والتي ستعبر عن:

P1 : كل أرصاد الشبكة هي اتجاهات أفقية (dir).

P2 : كل أرصاد الشبكة هي مسافات مقاسه الكترونيا (EDM) .

$c(p_m)$: كلفة كل خطوة محسوبة من مجموع تكاليف نشاطات هذه الخطوة $c(a_n)$.

a_n : النشاطات اللازمة لإنجاز الخطوة p_m .

عموماً فإنَّ كلفة المنتج $C_{(pm)}$ هي مجموع الكلف الثابتة والكلف المتغيرة وتنقسم الكلفة المتغيرة إلى قسمين أساسيين هما القسم الأول الذي يمثل كلفة الوصول إلى محطة الرصد وإجراء القياسات والقسم الثاني هو الوصول إلى نقطة الهدف و الفترة الزمنية التي ينتظرها فريق العمل حتى الانتهاء من القياسات عند هذه النقطة، وبالتالي تعطى كلفة كل خطوة بالعلاقة:

$$C_{(pm)} = C_{fix} + C_s + C_T \quad (4 - 3)$$

مع العلم أن :

C_s : كلفة الوصول إلى محطة الرصد و إجراء القياسات..

C_T : كلفة الوصول الى نقطة الهدف و الفترة الزمنية التي ينتظرها فريق العمل.

C_{fix} : الكلفة الثابتة.

1-2-4 الكلفة الثابتة: Fixed Cost:

تتضمن الكلفة الثابتة لكل خطوة رسوم شراء أو تأجير أجهزة القياس متضمناً التأمين مثل (تيودوليت أو محطة رصد متكاملة لقياس الاتجاهات الأفقية أو قياس المسافات) وأحياناً يعتبر المستأجر مسؤولاً عن صيانة الأجهزة خلال مدة الإيجار فيكون هناك تأمين إضافي خلال فترة الاستئجار. ويعبر عن التكاليف الثابتة بالعلاقة:

$$C_{fix}(p_m) = t_r \cdot C_r \quad (4 - 4)$$

حيث أن:

t_r : مدة الإيجار .

C_r : رسوم التأجير متضمنة التأمين.

إنَّ التكاليف الثابتة يمكن أن تظهر أو تختفي تبعاً لبدائل الشبكة المتوفرة.

1-1-2-4 الكلفة الثابتة لقياس الاتجاهات الأفقية:

(Fixed Cost For Horizontal Direction Measurements):

تعطى بالعلاقة:

$$C_{p1}(fix) = k_{dir} \cdot C_{dir-fix} \quad (4 - 5)$$

حيث أن:

k_{dir} معامل يساوي (1) من أجل وجود اتجاه واحد على الأقل مرصود في الشبكة و إا قيمته (0)

$C_{dir-fix}$: الكلفة الثابتة لقياس الاتجاهات.

2-1-2-4 الكلفة الثابتة لقياس المسافات الالكترونية:

(Fixed Cost For Electronic Distance Measurements):

تعطى بالعلاقة:

$$C_{p2}(fix) = k_{edm} \cdot C_{edm-fix} \quad (4 - 6)$$

حيث أن:

k_{edm} : معامل يساوي (1) من أجل وجود مسافة واحدة على الأقل مفاصة في الشبكة و إلا قيمته (0).
 $c_{edm-fix}$ الكلفة الثابتة لقياس المسافات .

2-2-4 الكلفة المتغيرة للقياسات التقليدية: Variable Cost For Traditional Measurements:

تنقسم الكلفة المتغيرة للقياسات التقليدية إلى:

1-2-2-4 الكلفة المتغيرة لقياس اتجاه أفقي:

Variable Cost For Horizontal Direction Measurements:

تشمل الكلفة المتغيرة لقياس اتجاه أفقي كل من تكاليف الوصول إلى محطة الرصد (احتلال المحطة) وتكاليف اليد العاملة لقياس الاتجاهات وأيضاً تكاليف الوصول إلى نقاط الأهداف وتثبيت الإشارات عليها (في حال الهدف غير دائم) وبالتالي فإن الكلفة المتغيرة لقياس الاتجاهات هي مجموع مايلي:

$$c_{p1}(var) = \sum_{i=1}^{ns} k_i \cdot (c_{dir-s} + c_{dir-o})_i + \sum_{j=1}^{ns} k_j \cdot (c_{dir-t})_j \quad (4-7)$$

حيث أن:

k_i معامل يساوي (1) فيما إذا تم قياس اتجاه واحد على الأقل في المحطة (i) و إلا قيمتها (0).
 k_j معامل يساوي (1) فيما إذا تم تسجيل قياس اتجاه واحد على الأقل إلى هدف غير دائم عند النقطة (j) و إلا قيمته (0).

ns : عدد النقاط في الشبكة الجيوديزية .

c_{dir-si} : كلفة الوصول إلى المحطة (i) .

c_{dir-oi} : كلفة رصد الاتجاهات عند المحطة (i).

c_{dir-tj} : كلفة الوصول إلى نقطة الهدف (j).

2-2-2-4 الكلفة المتغيرة لقياس مسافة الكترونياً:

Variable Cost For Electronic Distance Measurements:

تشمل الكلفة المتغيرة لقياس مسافة الكترونياً كل من تكاليف الوصول إلى محطة الرصد وتكاليف قياس المسافة الكترونياً و أيضاً تكاليف الوصول إلى نقاط الأهداف و تثبيت العاكس عليها وبالتالي فإن الكلفة المتغيرة لقياس المسافات الكترونياً هي مجموع مايلي:

$$c_{p2}(var) = \sum_{i=1}^{ns} k_i \cdot (c_{edm-s} + c_{edm-o})_i + \sum_{j=1}^{ns} k_j \cdot (c_{edm-t})_j \quad (4-8)$$

حيث أن:

k_i : معامل يساوي (1) فيما إذا تم قياس مسافة واحدة على الأقل في المحطة (i) وإلا قيمته (0).

k_j : معامل يساوي (1) فيما إذا تم قياس مسافة واحدة على الأقل في المحطة (j) وإلا قيمته (0).

ns : عدد النقاط في الشبكة الجيوديزية.

- c_{edm-s_i} : كلفة الوصول إلى المحطة (i).
 c_{edm-t_j} : كلفة الوصول إلى نقطة الهدف (j).

3-2-4 النموذج العام للكلفة: General Model Cost :

اعتماداً على العلاقات من (4-4) وحتى (4-8) يمكن بناء نموذج عام لحساب كلفة أي طريقة من طرق القياس التقليدي (في هذه الدراسة اتجاه أفقي - مسافة) وذلك وفق العلاقة الآتية:

$$C_{(pm)} = k_m \cdot c_{fix}(p_m) + k_s^t(c_s + c_0) + k_t^T \cdot c_t \quad (4 - 9)$$

حيث أن:

- k_m : معامل يساوي (1) في حال تم قياس أي رصدة في المرحلة pm وإلا قيمته (0).
 k_s : شعاع ضبط أبعاده (ns×1) قيمته عند العنصر (j) تساوي (1) فيما إذا الخطوة pi يحتوي على الأقل رصدة واحدة في المحطة (j) وإلا قيمته (0).
 k_t : شعاع ضبط أبعاده (ns×1) قيمته عند العنصر (j) تساوي (1) فيما إذا الخطوة pi يحتوي على الأقل رصدة واحدة في المحطة (j) وإلا قيمته (0).
 c_{fix} : الكلفة الثابتة للخطوة pi.

- c_s : شعاع كلفة أبعاده (ns×1) قيمته عند العنصر (j) ستمثل كلفة الوصول إلى محطة الرصد (j).
 c_0 : شعاع كلفة أبعاده (ns×1) قيمته عند العنصر (j) ستمثل كلفة القياس إلى المحطة (j).
 c_t : شعاع كلفة أبعاده (ns×1) قيمته عند العنصر (j) ستكون الكلفة للوصول إلى نقطة الهدف (j).

4-2-4 نموذج الكلفة التفصيلي للقياسات التقليدية:

Detailed Cost Model For Traditional Observations:

- تتضمن كلفة الوصول إلى محطة الرصد أو نقطة الهدف كل من: [1]، [5]
1- كلفة التنقل من وإلى النقاط مع الأخذ بالاعتبار الزمن اللازم للوصول إليها حيث أن كلفة الكيلومتر الذي يتم اجتيازه مرتبط بشكل عام بالمسافة إلى النقطة ذهاباً وإياباً. في المناطق الجبلية أزمنة الوصول إلى النقاط يمكن أن تختلف عن أزمنة العودة فيتم حساب القيم الوسطى للزمن في تلك المناطق.
2- عدد أشخاص فريق العمل الميداني.
3- زمن تثبيت وفك أجهزة القياس و تحقيق شروط الضبط المؤقت (تسامت-أفقية) تبعاً لطريقة القياس.
4- زمن تثبيت الهدف بمساعدة ثلاثية الأرجل فوق نقطة الهدف (مثلاً عاكس) وتحقيق أفقية الهدف ويعتبر ذلك أقل صعوبة وأكثر سرعة مما هو في حالة أجهزة القياس.
5- لأجل بعض القياسات فإنه عند كل من نقاط المحطات والأهداف يجب الأخذ بعين الاعتبار الزمن اللازم لتكوين أجهزة قياس الأرصاد الجوية وإجراء قياساتها قبل وبعد كل مجموعة قياس.

1-4-2-4 كلفة الوصول إلى محطة الرصد : Cost For Arrival to Observation station

إن شعاع الكلفة (C_S) سيكون ممثلاً لشعاع النشاط $a(ns,1)$ حيث $j=1\dots ns$ وتحسب كلفة العنصر بالعلاقة:

$$C_S = 2 \cdot \left[d_{car} \cdot k_m + \left[\frac{d_{car}}{v} + T_{walk} \right] \cdot w \cdot n_{o-team} \right] + (t_{set} + 2 \cdot k_{meteo} \cdot t_{meteo} + t_{dis}) \cdot w \cdot n_{o-team} \quad (4 - 10)$$

حيث أن:

k_{meteo} : معامل يساوي (1) إذا كان قياس الأرصاد الجوية ضرورياً و إلا قيمته (0).

d_{car} : المسافة الممكن الوصول إليها إلى المحطة (i) بالسيارة .

k_m : كلفة الكيلومتر الواحد للوصول الى المحطة (i) بالسيارة .

v : متوسط سرعة السيارة.

T_{walk} : الزمن المستغرق سيراً على الأقدام إلى المحطة (i) وذلك بعد مغادرة السيارة.

w : متوسط أجر كل شخص.

n_{o-team} : عدد الأشخاص في فريق الأرصاد.

t_{set} : الزمن اللازم لتكريب جهاز القياس المساحي والمعدات الأخرى في المحطة (i).

t_{meteo} : الزمن اللازم لإجراء قياس الأرصاد الجوية.

t_{dis} : الزمن اللازم لفك أجهزة القياس و المعدات في المحطة (i).

لكل خطوة p_1, p_2 يمكن أن تحسب قيم عامل كلفة احتلال المحطة C_S من العلاقة (4-10). إلا أن الاختلاف سيكون في عدد الأشخاص في فريق الأرصاد و زمن تثبيت و فك الجهاز أو المعدات المتعلقة بالأرصاد الجوية والذي يختلف تبعاً لكون الجهاز مثبتاً على ثلاثية أرجل أو عمود رصد من البيتون مثلاً. لحساب المسافة (d_{car}) والزمن اللازم مشياً للوصول إلى المحطة (T_{walk}) بعد مغادرة السيارة فإنه سيتم اختيار محطة مركزية (Center Station) تقع داخل منطقة الشبكة و بحيث أن هذه المحطة يمكن أن لا تكون نقطة من الشبكة فمثلاً يمكن أن تكون المركز الرئيسي المؤقت لفريق العمل و أجهزته. يفترض أن يكون فريق العمل و أجهزته في هذه المحطة عند البدء بالقياسات و أن تبدأ و تنتهي حملة القياس من و إلى جميع النقاط اعتباراً من هذه المحطة المركزية.

وبشكل عام فإن شعاع المسافة من المحطة المركزية إلى نقاط الشبكة سيكون شعاع ذو الأبعاد $(ns \times 1)$:

$$d_{car} = |\delta_i| \quad (4 - 11)$$

حيث أن:

i : عدد محطات الشبكة (ns).

δ_i : المسافة إلى المحطة (i) التي تم اجتيازها بالسيارة.

وأما شعاع الزمن (T_{walk}) للوصول إلى المحطة مشياً بعد مغادرة السيارة سيكون شعاعاً من أبعاد ($ns \times 1$)

$$t = |\tau_i| \quad (4 - 12)$$

حيث أن:

i : عدد محطات الشبكة (ns).

τ_i : الزمن اللازم للوصول إلى المحطة (i) اعتباراً من النقطة التي تم فيها مغادرة السيارة.

4-2-4-2 كلفة الأرصاد المساحية: Observation Cadastral Cost :

- يتم قياس كل مسافة الكترونية (EDM) في مجموعة قياس واحدة أو أكثر حيث تشمل مجموعة القياس الواحدة عدد من مرات القياس المكررة (3-5) مرات والتي تستغرق بضعة دقائق وبعدها يتم إعادة توجيه الجهاز لإجراء قياس المجموعة الآتية ويتضمن زمن القياس أيضاً الزمن اللازم لتخزين القراءات.

- يتم قياس كل زاوية بالرصد المضاعف (متيامن ، متياسر) و الذي يمثل مجموعة قياس واحدة. نفترض أن كل زاوية يتم قياسها على الأقل في مجموعتين.

وبالتالي فإن شعاع الكلفة C_0 سيكون ممثلاً لشعاع النشاط ($a(ns..1)$) حيث $i=1...ns$ وتحسب كلفة العنصر i بالعلاقة الآتية:

$$C_0 = t_{meas} \cdot n_{set} \cdot n_{obs} \cdot w \cdot n_{o-team} \quad (4-13)$$

حيث أن :

t_{meas} الزمن اللازم لإجراء مجموعة قياس واحدة.

n_{set} عدد المجموعات.

n_{obs} عدد الأرصاد المأخوذة في المحطة i .

4-2-4-3 كلفة الوصول إلى نقطة الهدف: Cost for Arrival to Target Point :

تتضمن كلفة الوصول إلى نقطة هدف زمن الانتظار لإجراء القياس في المحطة المحددة. ويلاحظ أنه يمكن إلغاء زمن الانتظار في حالة قياس الزوايا وذلك بوضع أعمدة (قضبان) إشارة وتركهم أثناء حملة القياس كاملة.

إنّ شعاع الكلفة C_t سيكون ممثلاً للنشاط ($a(ns..1)$) حيث $j=1...ns$ و تحسب كلفة العنصر j من العلاقة الآتية:

$$C_t = 2 \cdot \left[d_{car} \cdot km + \left[\frac{d_{car}}{v} + t_{walk} \right] \cdot w \cdot n_{t-team} \right] + (t_{set-t} + t_{dis-t} + k_w \cdot (2 \cdot k_{meteo} \cdot t_{meteo} + t_{meas} \cdot n_t \cdot n_{set})) \cdot w \cdot n_{t-team} \quad (4-14)$$

حيث أن :

- k_{meteo} : معامل يساوي (1) في حال وجود ضرورة لقياس الأرصاد الجوية وإلا قيمته (0).
- k_w : معامل يساوي (1) فيما إذا كان ضرورياً بقاء فريق العمل عند نقطة الهدف إلى أن يتم إجراء القياسات وإلا قيمته (0).
- d_{car} : المسافة إلى نقطة الهدف (j) باستخدام السيارة.
- km : كلفة الكيلومتر الواحد.
- v : السرعة المتوسطة.
- t_{walk} : الزمن اللازم للسير مشياً إلى نقطة الهدف بعد مغادرة السيارة.
- w : معدل الأجرة لكل شخص.
- n_{t-team} : عدد الأشخاص في فريق العمل عند الهدف.
- t_{set-t} : الزمن اللازم لتكوين الهدف أو العاكس عند نقطة الهدف (j) .
- t_{dis-t} : الزمن اللازم لفك الهدف.
- t_{meteo} : الزمن اللازم لتنشيط معدات متعلقة بالأرصاد الجوية.
- t_{meas} : الزمن اللازم لإجراء مجموعة قياس واحدة.
- n_t : عدد الأرصاد المنفذة من محطات رصد مختلفة إلى نقطة الهدف (j).
- n_{set} : عدد مجموعات القياس.
- لا توجد كلفة وصول لنقاط الهدف التي تمثل إشارة دائمة (مثل أبراج الكنائس- أبراج الإذاعة- صوامع الحبوب... الخ) التي تستخدم لقياس الزوايا الأفقية و الشاقولية وحيث لا يوجد ضرورة لوصول فريق العمل و بالتالي فإن t_{set-t} و t_{set-t} و أيضاً k_w ستكون مساوية صفراً.

الفصل الخامس

الحل الأمثل للشبكات الجيوديزية

Optimization of Geodetic Networks

1-5 مقدمة: introduction:

يعتبر التصميم المثالي و المناسب للشبكات الجيوديزية خطوة هامة جداً في المشاريع المساحية، حيث تشكل هذه الشبكات الإطار المرجعي اللازم لتوقيع عناصر المنشآت الهندسية (سدود، جسور، قنوات، موانئ... الخ) و لمراقبة أماكن و تشوهات هذه العناصر بعد إنشائها، و أيضاً لمراقبة تحركات القشرة الأرضية، مثل هذه الشبكات تسمى الشبكات المحلية (Local Networks) ومن جهة أخرى، يوجد شبكات لأغراض متعددة تسمى شبكات الضبط العامة (National Control Network)، وتسمى أحياناً الشبكات المرجعية (Reference Networks) حيث تلعب دوراً هاماً عند تجهيز الخرائط التي تغطي البلاد و في الدراسات الجيوفيزيائية أو الجيولوجية.

لذلك فإنه قبل البدء بتهيئة نقاط الشبكة و إجراء القياسات بشكل فعلي، لابد من التأكد من أن هذا العمل سيحقق متطلبات المستخدم في الحصول على معايير جودة محددة مسبقاً لهذه الشبكة و الممثلة في معياري الدقة (Precision) و الموثوقية (Reliability) بالإضافة إلى تحقيق أقل كلفة ممكنة و هذا ما يعرف بتصميم الشبكات الجيوديزية (Design of Networks)، و لتحقيق التصميم الأمثل للشبكة الجيوديزية يمكن استخدام تقنيات متنوعة مثل (التثليث - التصلية - المختلطة) في الماضي كان تصميم الشبكات الجيوديزية يعتمد على الخبرة و الحس و نتائج التجارب السابقة المشابهة، و لكن حالياً نظراً لإمكانية استخدام تقنيات الكمبيوتر المتاحة و الفعالة، أصبح تحقيق معايير التصميم أسهل باستخدام طرق التكرار والتحليل المختلفة، وبالاستخدام الواسع للاختبارات الإحصائية و التكنولوجيا الحديثة.

يشمل هذا الفصل التعريف بمفهوم الحل الأمثل و تصنيف الأنواع المختلفة لمسائل الحل الأمثل لتصميم الشبكات الجيوديزية. و سيتم التركيز على تصميم المسألة الأولى للشبكات الجيوديزية و التي تهتم بتحديد عدد و مواضع نقاط الشبكة و نوع الأرصاد و دقتها.

2-5 مفهوم الحل الأمثل (Optimization):

إنّ الهدف الأساسي لأي علم هو الحصول على معلومات حول العالم الحقيقي عن طريق تحليل بيانات رصدية، و هذا يتطلب إجراء الأرصاد و من ثم النمذجة و أخيراً تحليل البيانات. و لكن عندما يكون الهدف الوصول الى الأفضل فلا بد من الاعتماد على مسائل الحل الأمثل (Optimization Problems) التي تهدف لإيجاد جميع معايير المسألة في حالتها المثالية و تحديد الطرق الرياضية اللازمة للحل. [3]، [5]

تجيب مسائل الحل الأمثل على كل مما يلي:

1- ماذا ترصد؟.

2- كيف تتمذج؟.

3- كيف تحلل البيانات بحيث تؤكد النتائج متطلبات الاستخدام بأقل كلفة و أقل جهد ممكن؟.

وعلى اعتبار أن الجيوديزيا أحد العلوم التي فيها الشبكات الجيوديزية وسيلة للحصول على معلومات حول هندسة منطقة محددة من الأرض، لذلك يتم استخدام الحل الأمثل لتصميم هذه الشبكات اعتماداً على معايير جودة محددة بشكل جيد و تقنيات عالية بحيث يحدد لنا الحل الأمثل ليس الحل الجيد للمسألة بل الحل الأفضل.

بشكل عام فإن الحل الأمثل لتصميم الشبكات الجيوديزية يعني إيجاد المواضع المثالية لنقاط الشبكة و أنواع الأرصاد، و أماكن الأرصاد في الشبكة و التحديد المسبق للخطأ المتوسط التريبيعي، التي تحقق متطلبات التصميم في أقل كلفة. و يشمل الحل الأمثل الخطوات الأساسية الثلاثة الآتية:

1- النمذجة الرياضية للمسألة (Mathematical Modeling).

2- حل النموذج الذي تم تشكيله.

3- التفسير الفيزيائي للنتائج (Physical Interpretation).

3-5 التصنيف العام لمسائل الحل الأمثل للشبكات الجيوديزية:

The General Classification of The Optimization Problems of Geodetic Networks:

تصنف مسائل الحل الأمثل للشبكات الجيوديزية ضمن أربع درجات تبعاً لتصنيف (Grafarend1974)

وذلك وفق مايلي: [14]

1- المسألة الصفرية للتصميم (Zero Order Design):

وتختصر ب (ZOD) و تعرف أحياناً بالمسألة المرجعية (Datum Problem). تختص بالتصميم الأمثل لمستوي المقارنة أو نظام إحدائيات الشبكة، أي تهتم بالنظام المرجعي المثالي. وتحل بواسطة ضبط الشبكة الحرة و التحويلات المشابهة بين أنظمة الإحدائيات المختلفة.

2- المسألة الأولى للتصميم (First Order Design): /موضوع البحث/:

وتختصر ب (FOD) وتسمى أحياناً بمسألة الشكل العام للشبكة Configuration Problem. تهتم هذه المسألة بتعيين الشكل الأمثل للشبكة ممثلاً بتحديد مواضع النقاط و خطة القياس (نوع الأرصاد وتوزعها على كامل الشبكة) و ذلك مع افتراض وجود معايير دقة مطلوبة و محددة مسبقاً. هذه المسألة هي موضوع بحثنا.

3- المسألة الثانية للتصميم (Second Order Design):

وتختصر ب (SOD) وتعرف أحياناً بمسألة الوزن (The Weight Problem) و تبحث في تعيين الأوزان المثلى للأرصاد بافتراض الشكل العام للشبكة ثابت و دقة نقاطها محددة. ويتبع تعيين هذه الأوزان

تعيين الدقة اللازمة للأرصاء، و بالتالي تحديد الأجهزة الملائمة للعمل و الطرق الواجب استخدامها. إذاً هي مسألة تحديد الدقة المطلوبة في الأرصاد لكي نحقق الدقة المطلوبة في البارامترات الأخيرة.

4- المسألة الثالثة للتصميم (Third Order Design):

وتختصر ب (THOD) وتعرف بمسألة التحسين (The Improvement Problem) وتهتم بتحسين معايير جودة الشبكات في بعض أماكن القصور بها، وذلك عن طريق إضافة أرصاد و(أو) نقاط جديدة بالشبكة.

5-4 الحل الأمثل لتصميم الشبكات الجيوديزية:

يوجد العديد من الحلول البديلة لتصميم شبكة جيوديزية في موقع ما، و بذلك تكون مهمة مصمم الشبكة هي تحديد الحل العملي و الاقتصادي الذي يحقق معايير الجودة المطلوبة للشبكة من بين هذه الحلول، ويمكن تقسيم مراحل تصميم شبكة إلى مرحلتين:

1- مرحلة الاستكشاف و التصميم الأولي للشبكة:

(Econnaissance and Preliminary of The Network):

2- مرحلة الحل الأمثل و التصميم النهائي للشبكة:

(Optimization and Final Design of The Network):

1- مرحلة الاستكشاف و التصميم الأولي للشبكة:

يسبق عملية التصميم كل من الاستكشاف الحقلّي و التحضير المكتبي اللذين يتطلبان معرفة و خبرة جيدة بجميع مراحل العمل المساحي، إذ يكون من الصعب أو المستحيل التصحيح في مرحلة لاحقة للأخطاء الناتجة عن الإهمال و الاستكشاف السريع. لذلك فإن الوقت الذي يصرف على التخطيط الجيد لا يذهب دون جدوى، ولكن يمكن اختزال هذا الوقت اللازم للاستكشاف الحقلّي بشكل كبير من خلال التحضير المكتبي الذي يتضمن: [10]، [2]

- الحصول على معلومات كاملة عن مواقع المحطات الجيوديزية الموجودة مسبقاً و تحديد مدى ثباتها و دقتها.
 - دراسة جيولوجية المنطقة، و ثبات تربتها لتأسيس الأرضية اللازمة للعلامات المساحية.
 - تدقيق الخرائط الطبوغرافية المتوفرة و قوائم ارتفاع الأبنية في منطقة الدراسة لتحديد الرؤية المتبادلة للنقاط.
 - الحصول على معلومات عن ملاءك الأبنية المناسبة لتأسيس علامات جدارية أو أعلى سقف البناء، بالإضافة إلى الحصول على طلبات الموافقة على تأسيس هذه العلامات.
- يستخدم هذا التحضير المكتبي الذي يعتمد على الخرائط الطبوغرافية في التصميم الأولي للشبكة واعتماداً على الاستكشاف، و الاستطلاع الحقلّي يتم تثبيت هذا التصميم الأولي، و تحديد المواضع الدقيقة، و نوع علامات التأسيس تبعاً للتضاريس المحيطة و الغطاء النباتي و التربة و عوائق الرؤية الموجودة في مكان

الدراسة. و هذه العملية تتم لمرة واحدة فقط، و من ثم يتم التحضير للتصميم الأولي (Preliminary Design) للشبكة و فق مايلي:

- الحصول على خريطة بمقياس 1:25000 يحدد عليها جميع النقاط الموجودة و المقترحة للشبكة مع بيان الرؤية المتبادلة بين الخطوط المقترحة.
 - خريطة أو مخطط بمقياس 1:10000 محدد عليه جميع النقاط الموجودة، و المقترحة لتكثيف الشبكة، و أيضاً جميع الخطوط الممكنة التي تربط نقاط الشبكة.
 - تحديد الموضع الدقيق للمحطات المساحية، و أنواع علاماتها.
 - تحديد الأجهزة المساحية المقترحة للاستخدام، و مواصفاتها المتعلقة بالأرصاد الحقلية.
 - اقتراح طريقة لربط (فيما إذا كان ممكناً) الشبكة المحلية مع الشبكة العامة.
- يترك التصميم الأولي الخيارات مفتوحة من أجل الاختيار النهائي للخطوط الواجب رصدها بين النقاط، و أيضاً لاتخاذ القرارات النهائية لمتطلبات دقة القياسات، و الإجراءات الحقلية و التي تعتبر قرارات هامة من أجل التصميم النهائي للشكل الهندسي للشبكة، و تحديد الإجراءات المساحية التي تزود بالحل الاقتصادي، و الدقة المطلوبة للشبكة بحيث يكون عدد خطوط الرصد أصغر ما يمكن و تقنيات المسح المستخدمة أبسط ما يمكن.

2- الحل الأمثل و التصميم النهائي للشبكة:

يؤسس التصميم النهائي للشبكة اعتماداً على التحليل المسبق لدقة الشبكة، إذ يجب أن يسبق هذا التصميم معالجة الحل الأمثل الذي يعطي إجابات عن الأسئلة التي تظهر من التصميم الأولي و منها:

A. أي من خطوط الرؤية المتبادلة الممكنة بين المحطات المقترحة يجب استخدامها في التصميم النهائي للشكل العام للشبكة؟.

B. ما هو نوع دقة الأرصاد الضرورية لتحقيق متطلبات الدقة الموضعية للمحطات؟.

ولحل مسائل التصميم الأمثل للشبكات الجيوديزية يوجد طريقتان: [2]، [5]

- i. طريقة الخطأ و التجريب (Trial and Error Method).
- ii. الطريقة التحليلية (Analytical Method). سيتم التركيز على الطريقة الأولى (موضوع بحثنا).

i- طريقة الخطأ و التجريب: Trial and Error Method:

تسمى أحياناً المحاكاة على الكمبيوتر (Computer Simulation)، وهي ما تم استخدامه في هذا البحث، و تلخص خطواتها وفق الآتي:

- 1- تعيين معياري الدقة و الموثوقية المطلوبين مسبقاً.
- 2- اختيار خطة الأرصاد (مواقع المحطات، الأرصاد و دقتها).
- 3- حساب قيم الكميات المحددة للدقة و الموثوقية وفق مايلي:

- حساب كل من مصفوفة التصميم Design Matrix (مصفوفة الشكل) و يرمز لها (A) ومصفوفة الوزن للأرصاء (p).
- اعتماداً على مصفوفة الشكل (A) و مصفوفة الوزن (P) يتم حساب مصفوفة تمام التباين (Co-Variance) لإحداثيات النقاط من العلاقة $(\sum x = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1})$.
- من مصفوفة تمام التباين $(A^T \cdot P \cdot A)^{-1}$ يتم حساب معيار الدقة (القطع الناقصة للخطأ)، ويتم فحص معيار الموثوقية.

4- مقارنة قيم الكميات المحسوبة في البند (3) لكل من معياري الدقة و الموثوقية مع المحددة في البند 1. فإذا كانت القيم المحسوبة قريبة من القيم المحددة في البند (1) ننتقل للخطوة الآتية (خطوة 5)، وإلا إنه يجب استبدال خطة الرصد بحيث أنه إذا كانت غير محققة فيجب إضافة أرصاد أو زيادة أوزانها، أما إذا كانت مثالية أكثر مما يجب فيجب حذف أرصاد، أو إنقاص أوزانها، ومن ثم العودة إلى البند (3) وتكرر العملية و تفحص المعايير في كل خطوة حتى الوصول إلى المعايير المطلوبة.

5- حساب كلفة الشبكة.

6- العودة للبند (2) باختيار خطة رصد مختلفة بشكل كامل (مثلا شبكة مضلعات بدلاً من شبكة مثلثات).

7- يتم التوقف عند الاعتقاد أنّ الحل الأفضل للشبكة قد تم الحصول عليه (الكلفة الأقل). تكمن الفائدة الأساسية لهذه الطريقة في أنه يمكن استخدام أي نوع اختياري لمعاري الدقة و الموثوقية لإيجاد التصميم الأمثل (الأفضل)، حيث لا يوجد ضرورة للتعبير عن هذين المعيارين بعلاقات رياضية معقدة و من سلبياتها أنه على الرغم من إمكانية إيجاد التصميم المرضي (الأفضل) للشبكة إلا أنه قد لا يكون الحل المثالي و لاسيما من حيث الكلفة، إضافة إلى أنها تحتاج إلى مهارة و خبرة كبيرتين للمصمم.

ii- الطريقة التحليلية: Analytical Method :

تقدم هذه الطريقة خطوة محددة لحل مسألة التصميم من دون تدخل بشري، و بالتالي يستخدم مصطلح التصميم بالطريقة التحليلية لوصف الطريقة التي تحل مسألة التصميم المحددة بواسطة سلسلة وحيدة من الخطوات الرياضية معتمدة على ما يسمى بالبحوث العملياتية (البرمجة العددية) التي تبحث عن الحل الذي يحقق كل من قيود (شروط) تخضع لها عناصر التابع، والمثالية تابع الهدف (القيم العظمى للدقة و القيم الصغرى للكلفة).

تكمن فائدة هذه الطريقة بإمكانية استخدامها للحل في حال كانت المسألة معقدة و تتطلب نموذجاً رياضياً محدداً، ومن سلبياتها استخدام العلاقات الرياضية المعقدة (وهي خارج مجال هذا البحث).

الفصل السادس

برنامج لتصميم المسألة الأولى للشبكات الجيوديزية باستخدام الواجهات

الرسومية في بيئة الـ MATLAB

Program for the Design of the First Issue of the Geodetic Networks Using Graphical Interfaces in the MATLAB Environment

1-6 مقدمة: introduction:

يحتوي برنامج Matlab على مجموعة غنية من الإمكانيات من أجل حل المسائل في الاختصاصات الهندسية و العلمية، إذ أنه يستخدم النمذجة أي مسألة أو ظاهرة ليتعامل معها، و يحلها بأبسط الطرق، و أحدثها، و أيسرها برمجياً.

2-6 لغة البرمجة MATLAB:

تعتبر لغة Matlab لغة برمجية عالية الأداء تستخدم لإجراء الحسابات، حيث تقوم بعمليات الحساب والإظهار ضمن بيئة سهلة البرمجة كما أنها لا تحتاج إلى احتراف كبير. تمكن هذه اللغة من حل العديد من المسائل حسابياً، خاصة التي يعبر عنها بمصفوفات والتي تحتاج إلى جهد كبير لبرمجتها بلغات البرمجة الأخرى مثل لغة C و FORTRAN.

أنت تسمية هذه اللغة من اختصار التعبير Matrix Laboratory (مختبر المصفوفة)، حيث إن البرنامج مصمم أساساً للتعامل مع العمليات على المصفوفات بشكل بسيط. كما أرفقت بهذه اللغة أدوات لمعالجة وحل تطبيقات علمية خاصة سميت Toolboxes (وهي أكثر من عشرين أداة)، وتعتبر هذه الأدوات هامة جداً لمستخدمي هذه اللغة، حيث تسمح لهم بتعلم وتطبيق تقنيات حل متخصصة لمعالجة مشكلات ومسائل خاصة، مثل معالجة الإشارة، ونظم التحكم، والمحاكاة، والتحليل الكمي، والمالي والإحصاء... الخ. يؤمن برنامج Matlab أدوات واجهة المستخدم الرسومية (Graphical User Interface GUI) التي تمكن من استخدامه كأداة لتطوير التطبيقات.

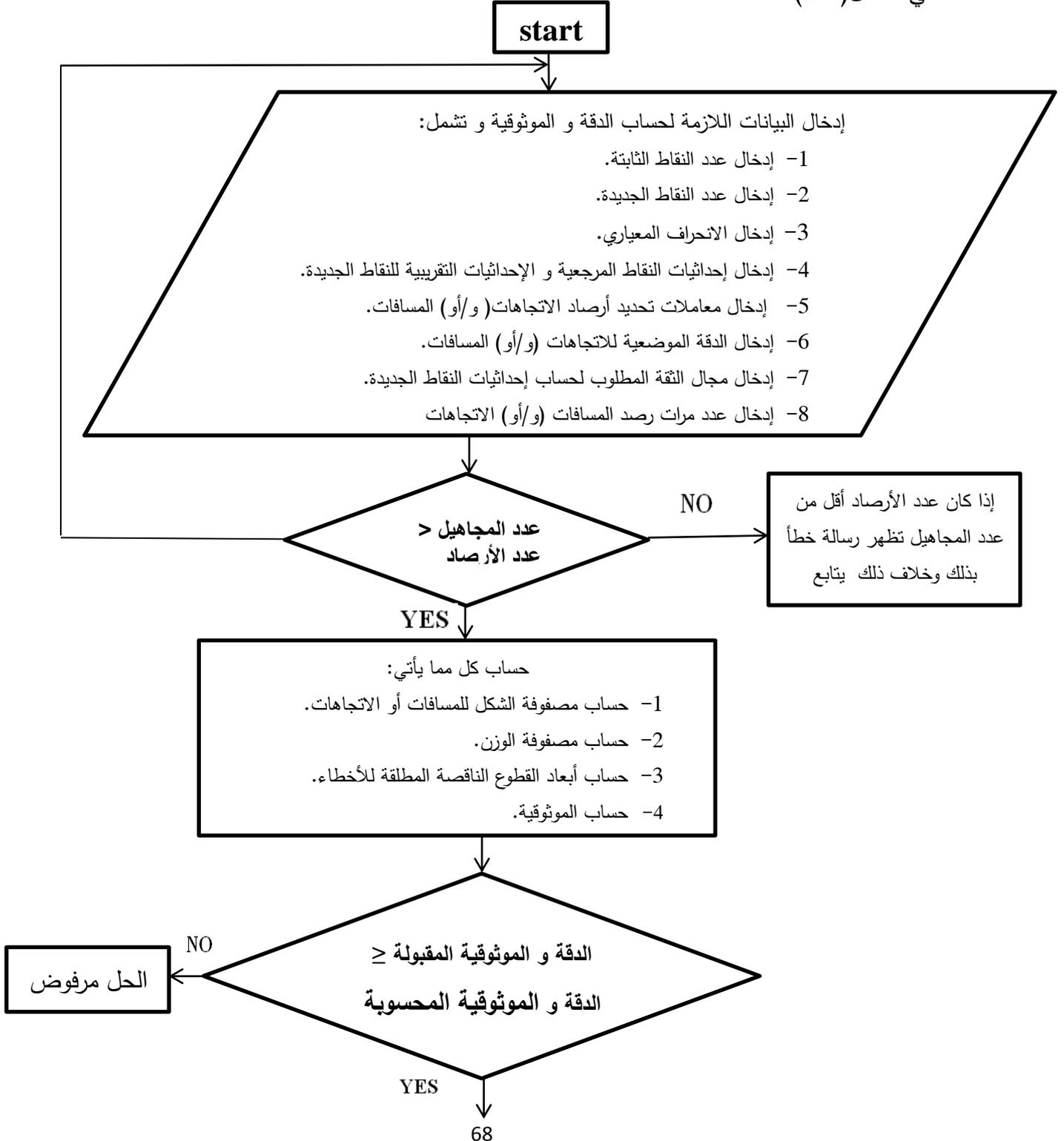
يدعم برنامج Matlab العمليات المنطقية والمقارنة مثلما يدعم العمليات الرياضية، بهدف الحصول على أجوبة للأسئلة التي يجاب عنها بصح أو خطأ (True/False).

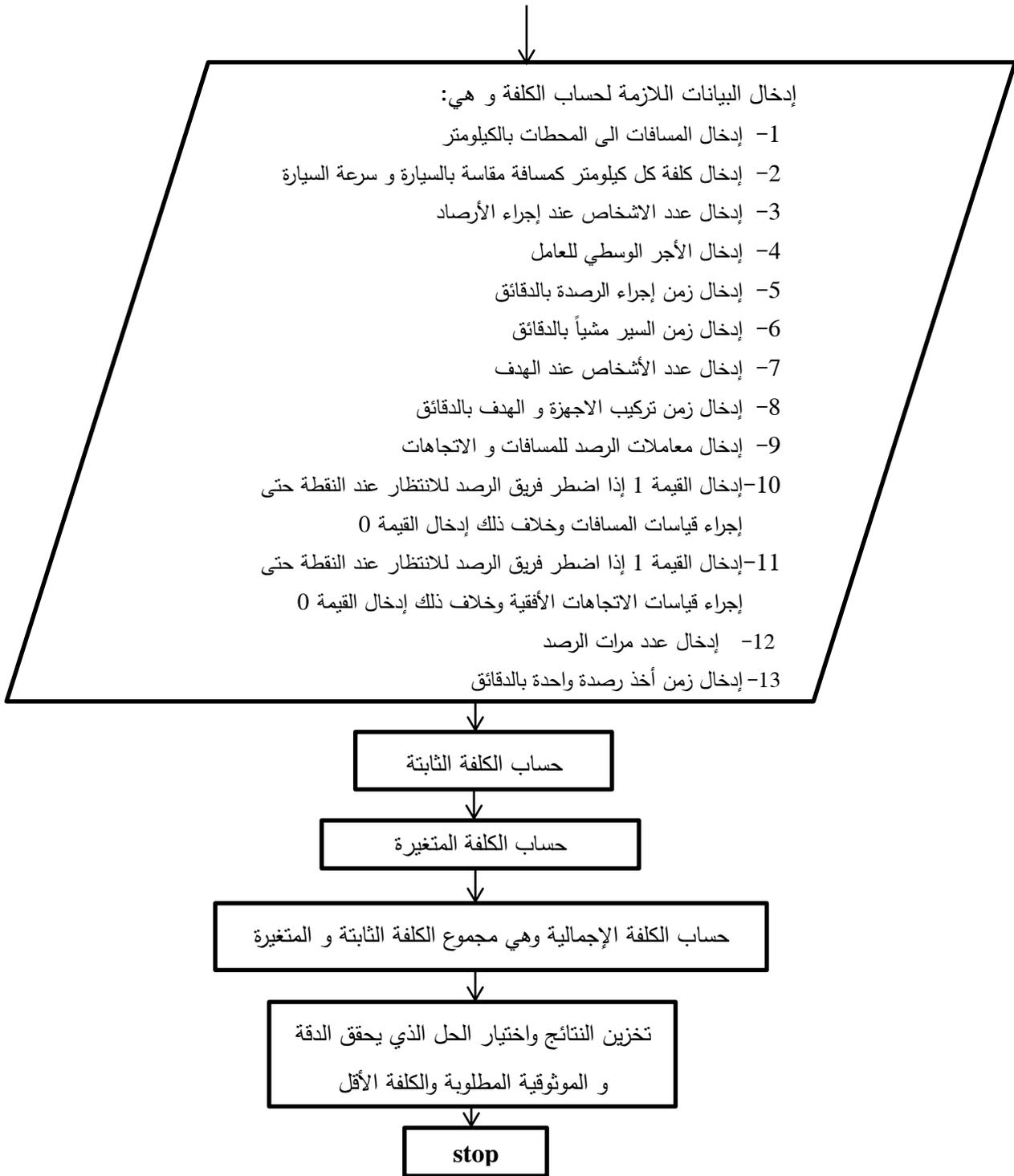
نظام الـ MATLAB نظام عملي متفاعل مع جميع المتغيرات و البيانات المستخدمة فيه ليس من الضروري أن يكون لها نفس الأبعاد مما يسمح لنا بالتعامل مع جميع المسائل المطروحة بالإضافة الى استخدام صيغ ونماذج جاهزة ضمن البرنامج توفر بعضاً من الجهد المستخدم لبرمجتها.

3-6 بناء البرنامج Design Geodetic Network لتصميم الشبكات المساحية:

Building Program (Design Geodetic Network) for the Design of Cadastral Networks:

تم كتابة البرنامج ((Design Geodetic Network)) باستخدام الواجهات الرسومية في بيئة ال (MATLAB) وهو مؤلف من 1435 سطر وفق الكود المبين في الملحق (A).
يتم أولاً إدخال البيانات، و من ثم إجراء عملية المعالجة لتظهر أخيراً النتائج وفق المخطط العام المبين في الشكل (1-6):





الشكل (1-6) المخطط النهجي لبرنامج تصميم شبكة جيوديزية

4-6 آلية عمل البرنامج: Work Program Mechanism :

يتكون البرنامج المختبر من واجهة رئيسية و ثلاث واجهات فرعية و واجهة للرسم، و سيتم توضيح كل منها وفق الآتي:

1-4-6 الواجهة الرئيسية (main):

تتضمن الواجهة الرئيسية المبينة في الشكل (2-6) الآتي:

يتم إدخال البيانات اللازمة لتحقيق معياري الدقة و الموثوقية و مقارنتها بالمطلوب:

- عدد النقاط المرجعية ذات الإحداثيات الثابتة و المعلومة.
- عدد النقاط الجديدة.
- الإحداثيات للنقاط المرجعية و الإحداثيات التقريبية للنقاط الجديدة.
- عدد أرصاد المسافات و عدد أرصاد الاتجاهات.
- الدقة المتوقعة للأرصاد تبعاً للجهاز المستخدم و عدد مرات القياس (للمسافة و الاتجاهات).
- مجال الثقة و الدقة الموضعية المقبولة.

The screenshot shows the main software interface with the following sections:

- Parameters:**
 - Fixed points: 2
 - New points: 3
 - Sigma Distance(meter): 0.01 + partpm 0
 - Sigma Direction(grad): 0.0005
 - n.Set Distance: 1
 - No. of measured distances: 19
 - No. of horizontal directions: 19
 - Confidence level %: 95
 - Accept position accuracy(meter): 0.15
 - n.Set Direction: 1
- Coordinates of points:**

Point	X(m)	Y(m)	f/n (0/1)
1 A	0	1.813...	0
2 O	0	0	0
3 B	1.492...	-1.52...	1
4 C	-1.48...	-897...	1
5 D	-1.39...	623.3...	1
- Cofactors of the observed directions (0/1):**

	1	2	3	4	5
1	1	0	1	1	1
2	1	1	0	1	1
3	1	1	1	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	0	1
- Cofactors of the measured distances (0/1):**

	1	2	3	4	5
1	1	0	1	1	0
2	1	1	0	1	1
3	1	1	1	0	1
4	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	0
- Results:**

```

0 0 0 -4.2e-05 -2.4e-05 -3.1e-05 5.5e-05 -9.1e-07 3.3e-05
7.1e-07 1.2e-06 1.3e-06 1.6e-06 1.1e-06
0 0 0 9.5e-06 1.3e-06 8e-06 -9.1e-07 2.1e-05
6.8e-07 -1.9e-07 -8.2e-09 -8.2e-08 3.3e-08 1.5e-07
0 0 0 -3.4e-05 -1.8e-05 -2.4e-05 3.3e-05 6.8e-07 4.2e-05
6.3e-07 1.1e-06 1e-06 1.1e-06 1.2e-06
0 0 0 -1.1e-06 -6.9e-07 -7.8e-07 7.1e-07 -1.9e-07 6.3e-07
7.9e-08 2.4e-08 3e-08 2.8e-08 2.2e-08
0 0 0 -1.7e-06 -1.2e-06 -1.1e-06 1.2e-06 -8.2e-09 1.1e-06
2.4e-08 1e-07 4.9e-08 4.8e-08 3.8e-08
0 0 0 -2.5e-06 -2e-06 -1.3e-06 1.3e-06 -8.2e-08 1e-06 3e-08
4.9e-08 1.3e-07 5.7e-08 3.9e-08
0 0 0 -1.9e-06 -1.3e-06 -1.6e-06 1.6e-06 3.3e-08 1.1e-06
2.8e-08 4.8e-08 5.7e-08 1.3e-07 4.6e-08
0 0 0 -1.3e-06 -8e-07 -1.2e-06 1.1e-06 1.5e-07 1.2e-06
2.2e-08 3.8e-08 3.9e-08 4.6e-08 1.3e-07

```

***** Maximum Position error of each point (meter)*****

Maximum position error (metet)=0
Maximum position error (metet)=0
Maximum position error (metet)=0.025091 -> Accept
Maximum position error (metet)=0.020289 -> Accept
Maximum position error (metet)=0.01552 -> Accept

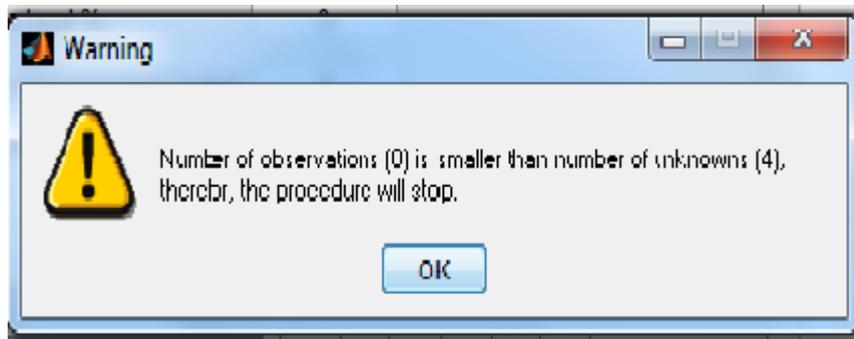
RELIABILITY

good network because the internal reliability=0.52227 is bigger than 0.5

الشكل (2-6) الواجهة الرئيسية (main)

*ملاحظة: في حال كانت عدد الأرصاد أقل من عدد المجاهيل تظهر رسالة خطأ تعلمنا بذلك

و تخبرنا بتوقف العمل لعدم صحته كما يبين الشكل (3-6) الآتي:



الشكل (3-6) رسالة تحذير

6-4-1-1 المعالجة و إظهار نتائج الدقة و الموثوقية:

Treatment and Results Show the Accuracy and Reliability:

نقوم بإدخال عدد النقاط الثابتة (الأساس الجيوديزي) وعدد النقاط الجديدة و الاحداثيات الثابتة و التقريبية و عدد أرصاد المسافات و الاتجاهات و عدد مجموعات القياسات للاتجاهات و المسافات بالإضافة إلى معاملات الأرصاد حيث يتم ادخال القيمة 1 إذا تم القياس بين نقطتين و القيمة 0 في حال تعذر القياس.

ندخل قيمة الانحراف المعياري المسموحة للقياسات بالنسبة لأرصاد المسافات و الاتجاهات بالإضافة إلى مجال الثقة والخطأ الموضعي المسموح بالمتر.

يتم الضغط على زر Start بعد إدخال البيانات فتظهر النتائج الآتية المبينة في الشكل (4-6) الآتي:

1- الإدخالات .

2- مصفوفة الشكل A.

3- الخطأ الموضعي لكل نقطة بالمتر.

4- الموثوقية.

```
Results
**** Inpute ****
Number of New Points=1
Number of Fixed Points=2
Number of measured Distances=2
Number of horizontal Directions=1
Confidence Level As % =95
Accept position accuracy by meter =0.01
Root main square error of Distance by meter=0.002
Root main square error of Direction by grad =0.0015
number of Set Distance=3
number of Set Direction=4

A(matrix shape)=
0 0 0 0 -5.2 -4.5 -1 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0.65 -0.76 0 0

**** Maximum Position error of each point (meter)****
Maximum position error (metet)=0
Maximum position error (metet)=0
Maximum position error (metet)=0.0022935 -> Accept

##### RELIABILITY #####
good network because the internal reliability=0.69725 is bigger
than 0.5
```

الشكل (4-6) شاشة Results

في حال كان التصميم محققاً لمعايير الدقة و الموثوقية المقبولة ننقل إلى الواجهة الفرعية لحساب الكلفة، وإلا يتم رفض الحل و اختيار حل آخر.

2-4-6 الواجهة: (COST PARAMETERS):

تستخدم لحساب كلفة الشبكة وفق الخطوات الآتية:

1-2-4-6 إدخال البيانات اللازمة لحساب الكلفة: Input Necessary Data to Calculate the Cost:

وهي تشتمل على البيانات الآتية المبينة في الشكل (5-6):

- المسافات (بالسيارة أو مشياً) و زمن الانتقال من و إلى النقاط، ذهاباً و إياباً.
- زمن تركيب المعدات، و إجراء القياسات، و زمن فك المعدات.
- عدد العاملين في طاقم العمل.
- الأجر المتوسط للعامل.
- أجور استئجار الأجهزة.
- كلفة كل كيلومتر كمسافة مقاسة بالسيارة.
- كلفة إنشاء المحطة Cost of Station.
- العامل 1 أو 0 حيث توضع القيمة 1 إذا اضطر فريق العمل للانتظار عند النقطة حتى أخذ قياس الاتجاهات الأفقية و إلا توضع 0.
- عدد أوضاع قياس الاتجاهات.
- زمن تأسيس رصدة واحدة.
- العامل 1 أو 0 حيث توضع القيمة 1 إذا اضطر فريق العمل للانتظار عند النقطة حتى أخذ قياس المسافات و إلا توضع 0.
- عدد أوضاع قياس المسافات.
- زمن تأسيس رصدة واحدة.

	Distance to station (d) Km	Average speed (v) Km/H	Time it takes to walk (t) min
1			
2			
3			
4			

الشكل (5-6) الواجهة (COST PARAMETERS)

2-2-4-6 المعالجة و إظهار قيمة الكلفة الإجمالية:

Treatment and Show the Value of the Total Cost:

يتم الضغط على الزر Calculate Cost فتظهر النتائج الآتية المبينة في الواجهة الرئيسية (main) كما في الشكل (6-6):

The screenshot shows the main software interface with the following sections:

- Parameters:**
 - Fixed points: 2
 - New points: 3
 - Sigma Distance (meter): 0.01 + partpm 0
 - Sigma Direction (grad): 0.0005
 - n.Set Distance: 1
 - No. of measured distances: 19
 - No. of horizontal directions: 19
 - Confidence level %: 95
 - Accept position accuracy (meter): 0.15
 - n.Set Direction: 1
- Coordinates of points:**

Point	X(m)	Y(m)	f/n (0/1)
1 A	0 1.813...	0	0
2 O	0 0	0	0
3 B	1.492... -1.52...	1	1
4 C	-1.48... -897...	1	1
5 D	-1.39... 623.3...	1	1
- Cofactors of the observed directions (0/1):**

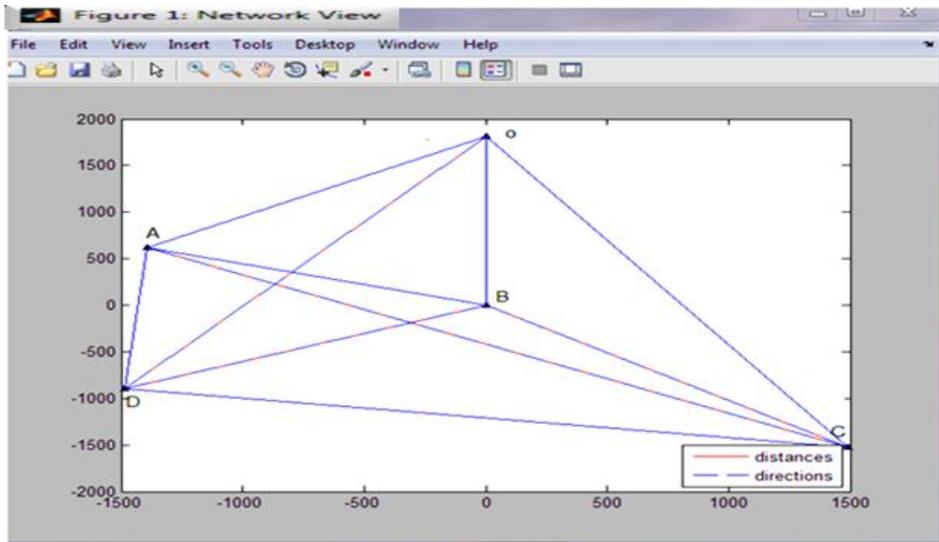
	1	2	3	4	5
1	0	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1
3	1	1	0	1	1
4	1	1	1	0	1
5	1	1	0	1	0
- Cofactors of the measured distances (0/1):**

	1	2	3	4	5
1	0	1	1	0	1
2	1	0	1	1	1
3	1	1	0	1	1
4	1	1	1	0	1
5	1	1	1	1	0
- Results:**
 - Maximum Position error of each point (meter):
 - Maximum position error (metet)=0
 - Maximum position error (metet)=0
 - Maximum position error (metet)=0.025091 -> Accept
 - Maximum position error (metet)=0.020289 -> Accept
 - Maximum position error (metet)=0.01552 -> Accept
 - RELIABILITY: good network because the internal reliability=0.52227 is bigger than 0.5
 - COST:
 - Cost per kilometer (SP/Km)=500
 - Average wage (SP/H)=65
 - Number of persons in observation=2
 - Time to setup the instrument(minutes)=3
 - Time to disassemble the equipment(minutes)=2
 - Number of persons in the target=2
 - Time to setup a target(minutes)=3
 - Time to disassemble a target(minutes)=2
 - Rental fee(sp/Day)=2000
 - Rental time(Days)=5
 - Meteorological measurements=1
 - Time to establish meteo. measurements(minutes)=5
 - THE TOTAL COST (sp) =71897.5

الشكل (6-6) نتائج الكلفة

3-4-6 واجهة الرسم (Network View):

يتم رسم الشكل العام للشبكة الجيوديزية قيد الدراسة في الواجهة (Network View) المبينة في الشكل (7-6)



الشكل (7-6) الشكل العام للشبكة الجيوديزية

يبين الملحق A نموذجاً لبعض الإدخالات.

الفصل السابع

تطبيق عملي على منطقة العقبية العقارية

Practical Application on al okaibah Real Estate Area

1-7 مقدمة: Introduction :

تركزت الدراسة العملية للبحث في منطقة العقبية العقارية التابعة لمدينة جبلة، حيث تم استطلاع المنطقة، بالإضافة إلى الحصول على الأساس الجيوديزي المكوّن من ثلاث نقاط مرجعية معلومة الإحداثيات، و تم زراعة نقطتين وحساب إحداثياتهما التقريبية.

2-7 نص المشروع: Text of Program :

المطلوب اختيار أفضل تصميم للشبكة الجيوديزية من حيث الدقة و الموثوقية و الكلفة في قرية العقبية العقارية التابعة لمدينة جبلة وبالبالغة مساحتها /135/هكتار حيث لدينا خمس نقاط، منها ثلاث نقاط مرجعية ونقطتان تم زراعتهما وحساب إحداثياتهما التقريبية (الديكارتية و الجغرافية)، ويظهر الملحق B كروت الوصف الخاصة بالنقاط ، أمّا إحداثياتها فهي مبينة في الجداول الآتية:

الجدول (1-7) إحداثيات نقاط الشبكة المحلية المرجعية:

النقطة	X(m)	Y(m)
S1	-287246.088	123939.705
S2	-286794.985	124238.045
S3	-285994.895	124153.061

الجدول (2-7) الإحداثيات التقريبية للنقطتين S4 , S5:

النقطة	X(m)	Y(m)
S4	-285903.627	123573.634
S5	-286742.193	123325.585

الجدول(3-7) إحداثيات نقاط الشبكة المحلية المرجعية الجغرافية:

النقطة	φ°	λ°
S1	35.27690584	35.99290003
S2	35.27972653	35.99776246
S3	35.27918578	36.00657965

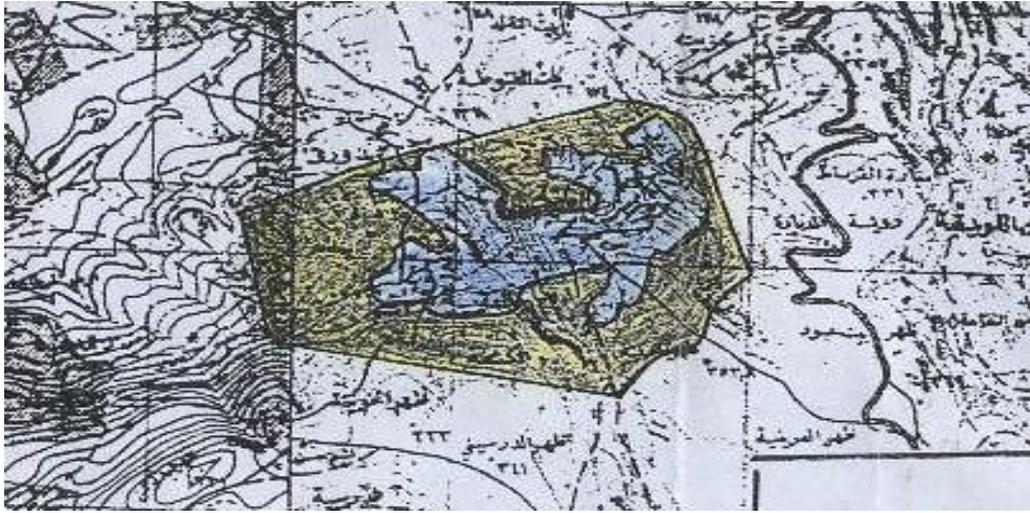
الجدول (4-7) الإحداثيات الجغرافية التقريبية للنقطتين S4 , S5:

النقطة	φ°	λ°
S4	35.27398673	36.00777778
S5	35.27151699	36.99864704

3-7 التقرير الفني: Technical Report :

1-3-7 موقع قرية العقبية وطبيعتها : Al okaibah village Site and Nature

قرية العقبية من قرى محافظة اللاذقية وتابعة لمنطقة جبلة تبعد عن مركز المحافظة 42 كم وعن مركز المنطقة 17 كم و تتصل مع مركز المحافظة بطريق إسفلتي متفرع عن أوتستراد اللاذقية - طرطوس. تبلغ مساحة القرية /135/ هكتار وفقاً للمخطط 1/25000 المرفق في الشكل (1-7) الذي يبين حدود المسح حيث يحد المنطقة من الشمال قرية القطيلبية وغرباً قرفيص و شرقاً جزء من قرية القطيلبية و البراعم و جنوباً الطريق من دوير بعبدة إلى قرفيص و تقع بين خطي الطول $35^{\circ}59'$ درجة غرباً و 36° درجة شرقاً وخطي العرض $35^{\circ} 15'$ جنوباً و $35^{\circ} 54'$ شمالاً. كما يبين الشكل (2-7) صورة مأخوذة من Google Earth للمنطقة.



الشكل (1-7) مخطط حدود المسح الطبوغرافي لقرية العقبية



الشكل (2-7) صورة مأخوذة من Google Earth لقرية العقبية

2-3-7 الاستطلاع وتدقيق الأساس الجيوديزي: The Survey and Audit Geodetic Basis :

تم البحث عن النقاط المرجعية في الموقع و تم العثور على /3/ نقاط مرجعية و هي S1 و S2 و S3 من مشروع سابق لتكثيف النقاط المساحية للمنطقة. تم التأكد من ثبات هذه النقاط واعتبارها كنقاط مرجعية وبالتالي صلاحيتها للربط والتوجيه الإحداثي للشبكة.

3-3-7 شبكة المثلثات: Network Triangles :

1-3-3-7 اقتراح شبكة المثلثات: Proposal for a Network of Triangles:

تعتبر النقاط التي تم العثور عليها صالحة جميعها وتغطي حدود المسح، فقد تم اعتمادها كنقاط مرجعية و تم زراعة نقطتين جديدتين S4،S5.

توجد أيضاً نقطة عقارية (KORFES) لم نتمكن من الوقوف عليها لوجود صبة ضخمة وعالية عليها لذلك لم يتم اعتمادها، وتم اعتماد إحداثيات مشروع سابق لتكثيف النقاط المساحية للمنطقة. باعتبار أن منطقة العمل ليست طريقاً إسفلتية وليست منطقة صخرية، لذلك زرعت كل من النقطتين S4 و S5 على شكل أحجار مساحية من البيتون العادي عيار 300 kg/m^3 أبعادها $15 \times 15 \text{ cm}$ من الأعلى و $35 \times 35 \text{ cm}$ من الأسفل وبارتفاع 50 cm ومثبتين في الأرض بصورة تضمن بقاءهما.

2-3-3-7 رصد الشبكة: Network Monitoring:

1- تم استخدام جهاز المحطة المتكاملة Sokkia 510 في رصد الاتجاهات وقياس المسافات ، وتم اعتبار كلفة استئجار الجهاز مع العواكس 2000 ل.س/اليوم.

2- قيمة استئجار السيارة يومياً 10000 ل.س.

3- نحتاج الى عاملي عاكس بكلفة 1500 ل.س سوري للعامل الواحد، وأنه يمكننا ان نقوم بقياس نقطتين يومياً.

4- يضاف إلى نتيجة الكلفة قيمة كلفة الاستئجار من أجل السكن ضمن منطقة المشروع البالغة

5000 ليرة سورية على كامل مدة المشروع وبالتالي :

كلفة الاستئجار من أجل السكن=5000 ليرة سورية.

5- يضاف أيضاً كلفة انشاء المحطة البالغة 1500 ليرة سورية للمحطة الواحدة. لدينا محطتين لذلك يجب أن نضيف $2 \times 1500 = 3000$ ليرة سورية.

6- يضاف أيضاً كلفة الأعمال المكتبية المقدرة بحوالي 10000 ليرة سورية .

أي يجب أن نضيف لقيمة الكلفة المحسوبة من البرنامج القيم التالية:

$5000 + 3000 + 10000 = 18000$ ليرة سورية.

7- الخطأ المتوسط التربيع لقياس المسافات / $0.002\text{m} + 2\text{ppm}$ /، والخطأ المتوسط التربيع لقياس الاتجاهات / 0.0015 / غراد، و الدقة الموضعية المقبولة هي / 0.15 / متر، ومجال الثقة 95%، وعند

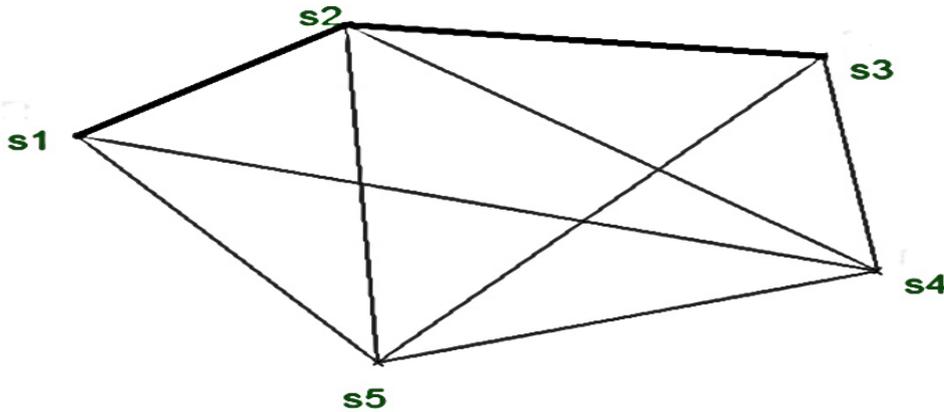
إجراء رصد لأي مسافة أو أي اتجاه توضع قيمة العامل /1/ وفي حال لم يتم الرصد توضع قيمة العامل /0/، ويوضح الجدول التالي (3-7) أرصاد الكلفة المعتمدة:
الجدول (5-7) أرصاد الكلفة

Cost per Kilometer	100	Sp/km
Average wage for worker	100	Sp/H
Number of persons in observation	2	
Time to setup the instrument	5	Minutes
Time to disassemble the equipment	3	Minutes
Number of persons in the target	2	
Time to setup a target	3	Minutes
Time to disassemble a target	2	Minutes
Rental fee for instrument	2000	Sp/Day
Rental time	3	Days
Meteorological measurements	1	
Time to establish meteo measurements	5	Minutes
Distance to station (d) km	Average speed (v) km/H	Time it takes to walk (t) by minutes
5	40	10
7	40	5
6	40	15
5	40	5
8	40	10

4-7 الحل باستخدام برنامج (تصميم الشبكات الجيوديزية):

Solution Using (Geodetic Network Design) Program:

سيتم دراسة حالتين أساسيتين لتصميم الشبكة بحيث نراعي الشكل الهندسي للشبكة وعدد مرات القياس.
1- حالة ثلاث نقاط مرجعية S1, S2, S3 ونقطتان جديدتان S4 , S5 سيكون الشكل الهندسي للشبكة كما في الشكل (3-7) التالي:



الشكل (3-7) الشكل الهندسي للشبكة

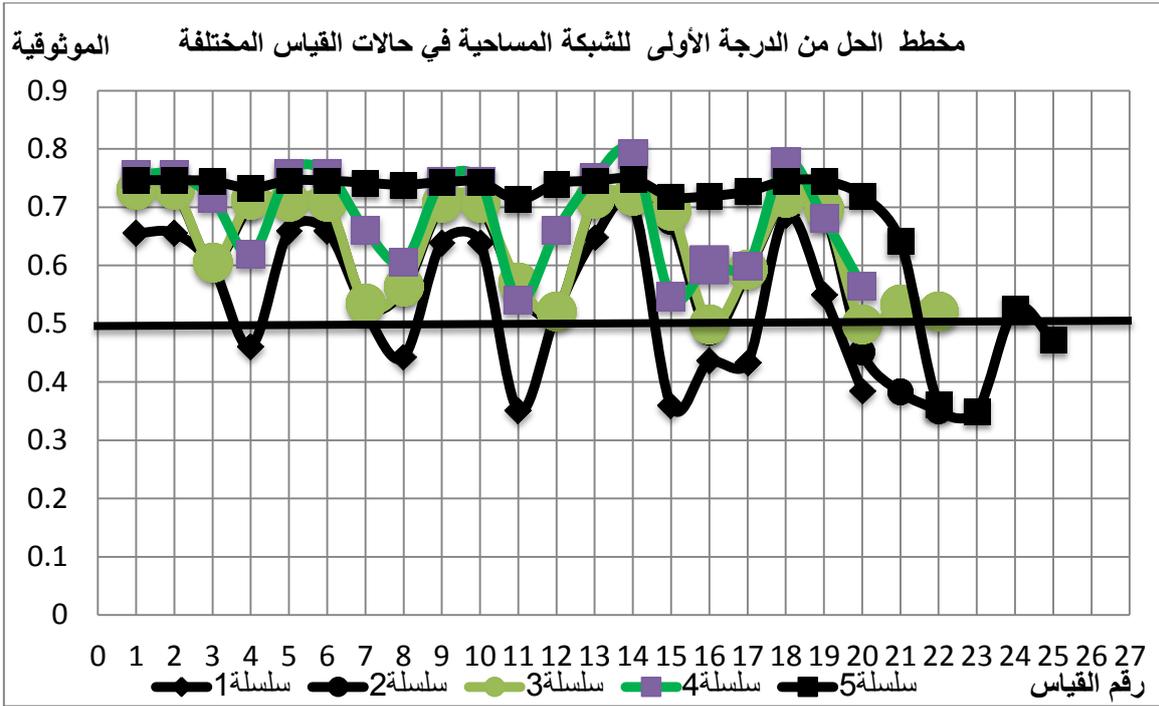
سيتم تقييم الدقة الموضعية للنقطتين الجديدتين وموثوقية الارصاد في كل من الحالات المبينة في الجدولين (6-7) و (7-7) التاليين.

جدول (6-7) يبين الدقة الموضعية للنقطتين الجديدتين في حالات مختلفة

point	اتجاهات فقط سلسلة واحدة	كل الاتجاهات ومسافتين	كل الاتجاهات و المسافات	اتجاهات ومسافتين مقاسة مضاعف	اتجاهات سلسلتين
S4(meter)	0.047	0.034	0.009	0.033	0.033
S5(meter)	0.046	0.033	0.010	0.032	0.033

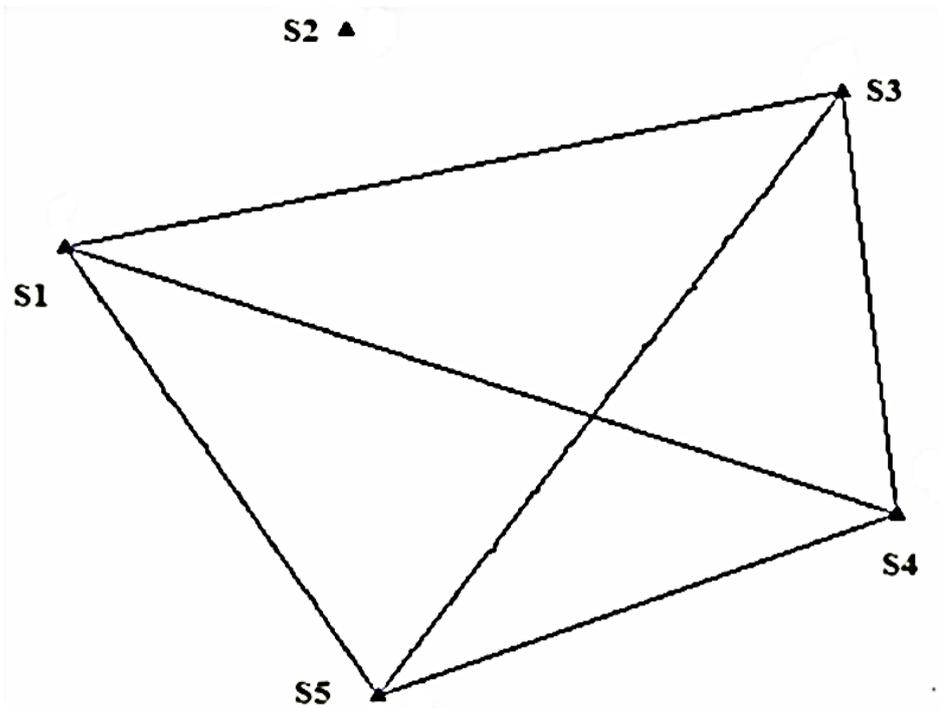
جدول (7-7) يبين موثوقية الأرصاد في حالات مختلفة:

الرقم المتسلسل	الاتجاهات والمسافات	الاتجاهات فقط سلسلة واحدة	series1	series2	series3	series4	series5
			اتجاهات ومسافتين	اتجاهات ومسافتين مقاسة مضاعف	اتجاهات سلسلتين	كل الاتجاهات و المسافات	
1	Dir	1-2	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8
2	Dir	1-3	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8
3	Dir	1-4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8
4	Dir	1-5	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7
5	Dir	2-1	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
6	Dir	2-3	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
7	Dir	2-4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8
8	Dir	2-5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7
9	Dir	3-1	0.6	0.7	0.7	0.8	0.7
10	Dir	3-2	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7
11	Dir	3-4	0.4	0.6	0.6	0.5	0.7
12	Dir	3-5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7
13	Dir	4-1	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
14	Dir	4-2	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
15	Dir	4-3	0.4	0.7	0.7	0.6	0.7
16	Dir	4-5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7
17	Dir	5-1	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7
18	Dir	5-2	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
19	Dir	5-3	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
20	Dir	5-4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7
21	Dis	1-4	-	0.4	0.5	-	0.6
22	Dis	3-5	-	0.4	0.5	-	0.4
23	Dis	4-5	-	-	-	-	0.4
24	Dis	3-4	-	-	-	-	0.5
25	Dis	1-5	-	-	-	-	0.5



الشكل (4-7) مخطط الحل للشبكة

2- حالة نقطتين مرجعيتين S1, S3 ونقطتان جديدتان S4 , S5 سيكون الشكل الهندسي للشبكة كما في الشكل (5-7) التالي:



الشكل (5-7) الشكل الهندسي للشبكة

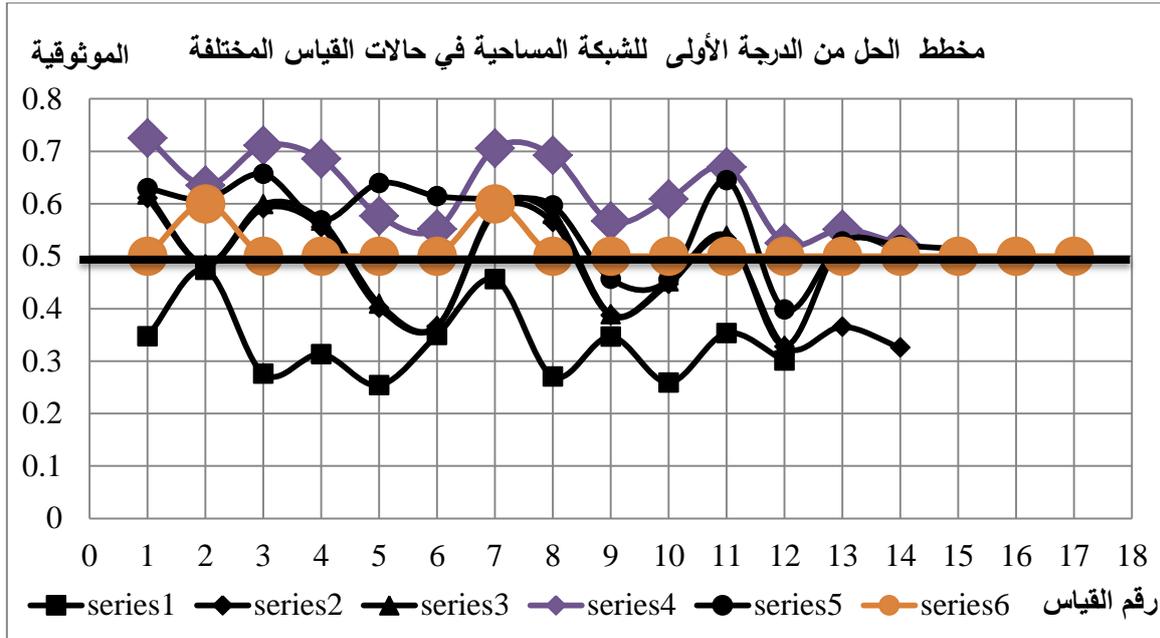
سيتم تقييم الدقة الموضعية للنقطتين الجديتين وموثوقية الارصاد في كل من الحالات المبينة في الجدولين (7-8) و (7-9) التاليين.

جدول (7-8) يبين الدقة الموضعية للنقطتين الجديتين في حالات مختلفة

Point	اتجاهات فقط	اتجاهات ومسافتين	اتجاهات ومسافتين مقاسة مضاعف	اتجاهات سلسلتين ومسافتين مضاعف	اتجاهات و 3مسافات	الاتجاهات في سلسلتين
S4(meter)	0.058	0.042	0.041	0.030	0.028	0.041
S5(meter)	0.062	0.039	0.038	0.028	0.028	0.044

جدول (7-9) يبين موثوقية الأرصاد في حالات مختلفة:

الرقم المتسلسل	الاتجاهات والمسافات	series1 الاتجاهات	series2 اتجاهات ومسافتين	series3 اتجاهات و مسافتين مضاعف	series4 اتجاهات سلسلتين و مسافتين مضاعف	series5 اتجاهات و 3 مسافات	series6 الاتجاهات في سلسلتين	
1	Dir	1-3	0.4	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5
2	Dir	1-4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
3	Dir	1-5	0.3	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5
4	Dir	3-4	0.3	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5
5	Dir	3-5	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5
6	Dir	3-1	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5
7	Dir	4-5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6
8	Dir	4-1	0.3	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5
9	Dir	4-3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5
10	Dir	5-1	0.3	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5
11	Dir	5-3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5
12	Dir	5-4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5
13	Dis	1-4	—	0.4	0.5	0.6	0.5	—
14	Dis	3-5	—	0.3	0.5	0.5	0.5	—
15	Dis	4-5	—	—	—	—	0.5	—
16	Dis	3-4	—	—	—	—	—	—
17	Dis	1-5	—	—	—	—	—	—



الشكل (6-7) مخطط الحل للشبكة

اعتماداً على النتائج المبينة في الجداول السابقة نجد أن الحالات التالية تحقق الدقة و الموثوقية:

1- في الحالة الأولى (الشبكة مؤلفة من خمس نقاط):

- قياس كل الاتجاهات (20 اتجاه) بمجموعتي رصد.

- قياس كل الاتجاهات (20 اتجاه) في مجموعة رصد واحدة مع قياس مسافتين بمجموعتي رصد.

2- في الحالة الثانية (الشبكة مؤلفة من أربع نقاط):

- قياس كل الاتجاهات (12 اتجاه) بمجموعتي رصد.

- قياس كل الاتجاهات (12 اتجاه) بمجموعتي رصد و مسافتين بمجموعتي رصد.

سنقوم بحساب الكلفة لكل من هذه الحالات المقبولة من أجل اختيار الحل الأفضل و الجدول الآتي

(7-10) يظهر نتائج الحساب و الحل الأفضل مع العلم أنه تم إضافة مبلغ و قدره 18000 لكل حالة

تتضمن كلفة الاستئجار من أجل السكن و كلفة إنشاء محطتين و كلفة الأعمال المكتبية كما ذكر سابقاً.

الجدول (7-10) نتائج الحساب و الحل الأفضل

القياس على أربع نقاط		القياس على خمس نقاط		الحالة
قياس الاتجاهات بمجموعتي رصد ومسافتين بمجموعتي رصد	قياس الاتجاهات كافة بمجموعتي رصد	قياس الاتجاهات كافة في مجموعة رصد واحدة مع قياس مسافتين بمجموعتي رصد	قياس الاتجاهات كافة بمجموعتي رصد	
33987	33934 ✓	39290	39637	الكلفة بالليرة السورية

يظهر الجدول أن حالة قياس الاتجاهات كافة بمجموعتي رصد (12 اتجاه) هي التي تحقق الحل الأفضل.

يوضح الجدول الآتي (7-11) نسبة التوفير في الكلفة للحل المقبول بالنسبة لباقي الحلول التي تحقق الدقة و الموثوقية المقبولة:

الجدول (7-11) نسبة التوفير في الكلفة للحل المقبول بالنسبة لباقي الحلول

الحالة	القياس على خمس نقاط	القياس على أربع نقاط
	قياس الاتجاهات كافة في مجموعة رصد واحدة مع قياس مسافتين بمجموعتي رصد	قياس الاتجاهات بمجموعتي رصد ومسافتين بمجموعتي رصد
نسبة التوفير %	14	0.2

خلاصة جزئية:

تم دراسة الشبكة في حالتين: في الحالة الأولى الشبكة مؤلفة من خمس نقاط و في الحالة الثانية الشبكة مؤلفة من أربع نقاط.

في الحالة الأولى تم الرصد في خمس مجموعات وكانت نتائج الدقة محققة لجميع المجموعات و كانت أفضل المجموعات من حيث الدقة هي المجموعة التي تتضمن قياس كل الاتجاهات و المسافات وعند دراسة الموثوقية حققت مجموعتين فقط من المجموعات الخمس الحل المقبول وهما قياس الاتجاهات كافة بمجموعتي رصد و قياس الاتجاهات كافة في مجموعة رصد واحدة مع قياس مسافتين بمجموعتي رصد مع العلم أن المجموعتان المقبولتان تحققان الدقة المقبولة و ليس الدقة الأكبر.

في الحالة الثانية تم الرصد في ست مجموعات وكانت نتائج الدقة محققة لجميع المجموعات و كانت أفضل المجموعات من حيث الدقة هي المجموعة التي تتضمن قياس كل الاتجاهات و ثلاث مسافات وعند دراسة الموثوقية حققت مجموعتين فقط من المجموعات الست الحل المقبول وهما قياس الاتجاهات كافة بمجموعتي رصد و قياس الاتجاهات كافة بمجموعتي رصد مع قياس مسافتين بمجموعتي رصد مع العلم أن المجموعتان المقبولتان تحققان الدقة المقبولة و ليس الدقة الأكبر.

عند دراسة الكلفة للحلول الأربعة المقبولة تبين أن الحل الأفضل الذي يحقق الكلفة الأقل و الموثوقية و الدقة المقبولة هو الحل الذي يتضمن قياس الاتجاهات كافة بمجموعتي رصد في حالة القياس على أربع نقاط.

الفصل الثامن

الاستنتاجات و التوصيات

Conclusions and Recommendations

1-8 الاستنتاجات: Conclusions:

- 1- تم الحصول على شبكة مزروعة و معدلة يمكن الاستفادة منها في الأعمال المساحية القادمة للقرية و القرى المجاورة.
- 2- من خلال الدراسة تبين أن الحل الأفضل للكلفة هو الشبكة المؤلفة من 12 قياس اتجاه بمجموعتي رصد حيث لدينا نقطتان مرجعيتان و نقطتان جديدتان.
- 3- تم اختبار موثوقية البرنامج المصمم عن طريق الحل اليدوي.
- 4- ليس بالضرورة أن يقابل زيادة عدد الأرصاد بجودة أفضل (دقة و موثوقية) للشبكة المساحية كما هو الحال عند القياس على خمس نقاط حيث أن مجموعة قياس كل الاتجاهات و المسافات حققت الدقة الأكبر (0.009m للنقطة S4 و 0.010m للنقطة S5) ولكنها لم تحقق الموثوقية المقبولة و بالتالي استبعدت من الحل.
- 5- يساعد البرنامج المختبر المساح على اتخاذ القرار المناسب إمّا لاستئجار جهاز أو شرائه من خلال حساب الكلفة.
- 6- يساعد البرنامج على اتخاذ القرار حول تقنية القياس المناسبة و تحديد جهاز القياس الملائم.
- 7- وفرّ البرنامج المختبر كثيراً من الوقت و الجهد لتصميم المسألة الأولى للشبكات الجيوديزية، حيث يتم التصميم بواسطته مكتيباً قبل إجراء القياسات الفعلية على أرض الواقع، مما يساهم في توفير الوقت و الجهد المبذول من فريق العمل و ذلك لضمان صحة التصميم قبل التنفيذ.

2-8 التوصيات: Recommendations:

- 1- نوصي بضرورة التحليل المسبق للشبكات الجيوديزية قبل إجراء أي قياس.
- 2- اعتماد البرنامج (تصميم الشبكات الجيوديزية) من أجل توفير الوقت والجهد و الكلفة.
- 3- إدخال معايير أخرى للجودة في عملية البرمجة.
- 4- تطوير البرنامج ليشمل تصميم الشبكات الارتفاعية.
- 5- تطوير برامج لدراسة مسائل التصميم الأخرى.
- 6- تفتقر مكتبنا البرمجية إلى برنامج متكامل لحساب الدقة و الموثوقية و الكلفة و هذا ما يجعل من هذا البرنامج مساهمة لإغناء هذه المكتبة لما يوفره من وقت و جهد و كلفة.

:References:المراجع

- [1]-Staudinger,M (1999). *A Cost Orientated Approach to Geodetic Network Optimization*. Vienna University of Technology,july,150.
- [2]-Simkooe,A (2007). *Analytical First Order Design of Geodetic Networks* Iranian Journal of Engineering Sciences,vol.1,No.1,December,1-12.
- [3]- Simkooe,A; Asgari,J; Zangeneh,F; Zaminpardaz,S(2012). *Basic Concepts of Optimization and Design of Geodetic Networks*. Journal of Surveying Engineering,172-183.
- [4]- Simkooe,A (2001). *Comparison of Reliability and Geometrical Strength Criteria in Geodetic Networks*. Journal of Geodesy ,The University of Isfahan,vol75, No.4,227-223.
- [5]-Acharya,B ; Zeltalbert,W (1992). *Choosing an Optimal Surveying Technique*. Surveying and Land Information Systems, vol.52,No.4,pp.215-218.
- [6]- Mohamed,N(1984). *Matrix Treatment of Adjustment Computations in Surveying*. Ain Shams Univ , Faculty of Eng, No.4,220.
- [7]- Aboghneim,A.(1991). *Numerical Efficient Solutions of the Second-Order Design (The Optimal Weights)of Geodetic Networks*. Alexandria University,1991.
- [8]- Uznanski.A(2008). *Quality Control of Geodetic Networks at Leica Geo Office*.Geomatics and environmental.volume2.number1.
- [9]-Alzubaidy,R;Mahdi,H;Hanooka,H. *Optimized Zero and First Order Design of Micro Geodetic Networks*. Journal of Engineering, University of Baghdad,vol18,No12, december2012,1344-1352.
- [10]- Schmitt,G(1982).*Optimization of geodetic networks*. An Agu Journal, vol. 20, NO. 4, pp 877-884.
- [11]- Nowke,E.(2011). *Reliability Design of Geodetic Networks by Quality Harmonization of Observation*. Warsaw University of Technology.Vol.11,pp 341-349.
- [12]- Simkooe,A(2012). *Strategy For Designing Geodetic Network With High Reliability and Geometrical Strength*. Journal of Surveying Engineering,vol127,104-117.
- [13]- Rearadm ,D (1984). *Standards and specifications for geodetic control networks*,pp20-50.
- [14]-Mishima,K(2012). *The Method of the Design for Survey Network by Q Matrices*.Japan,vol.51,500-512.
- [15]-Blachut,T;Chrzanowski,A;Saastamoinen,J (1992).*Urban Surveying and Mapping*. New York,pp44-72.

- [16]- ديب، فايز (2004). *الجيوديزيا 3*. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية.
- [17]- شكري، علي. حسن، محمود. محمد، رشاد (1993). *المساحة الجيوديزية*. كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية.
- [18]- فحصة، إياد (1998). *الجيوديزية 2*. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية.
- [19]- أحمد، محسن (1997). *الإحصاء و الأخطاء (1)*. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية.
- [20]- القاموح، أديب (2015). *المساحة الهندسية (2)*. جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية.
- [21]- الأشرف، نبيل (2002). *تصميم الشبكات المثلثانية للمشاريع الهندسية المحدودة*. بحوث الندوة ، الجزء الثاني.
- الشركة العامة للدراسات و الاستشارات الفنية.

```
% program for the best design of surveying network by using design matrix
% function model (2d)
% input
nfp = input('Number of fixed stations =')
nwp = input('Number of new stations =')
% number of fixed and new stations (ns)
ns=nfp+nwp;
nd=input('Number of measured distances =')
nhdir=input('Number of observed horizontal directions =')
nobs=nd+nhdir;
% number of unknowns (nu)
nu=2*nwp;
if nobs<=nu
disp(' Number of observations is smaller than number of unknowns')
break
end
xy=input(' Enter number- coordinates(x y)by meters- cofactor("0" for fixed or
"1" for new )stations as :[number x(i) y(i) (0 or 1)] =')
dx=zeros(ns,ns);
dy=zeros(ns,ns);
% distances
s=zeros(ns,ns);
%number of freedom
nfrd=(nd+nhdir)-(nu);
if nd>0
jdist=input('Enter cofactor =1 for measured distance ,or cofactor=0 as matrix by
dimensions (ns,ns) =')
else
jdist=zeros(ns,ns)
end
if nhdir>0
jhdr=input('Enter cofactor =1 for observed direction, or cofactor = 0 as matrix
by dimensions (ns,ns) =')
else
jhdr=zeros(ns,ns)
end
if nd>0
sigmadist=input('Root mean square error for the mean distance ignor ppm by
meter =')
```

```

else
sigmadist=0
end
if nhdir>0
sigmahdir=input('Root mean square error for the mean direction by "grad" =')
else
sigmahdir=0
end
conlev=input('Enter confidence level as % =')
accept=input('The accept accuracy of coordinates by meter');

```

نموذج حساب المسافات:

```

for i=1:ns
for j=i+1:ns
dx(i,j)=xy(j,1)-xy(i,1);
dx(j,i)=-dx(i,j);
dy(i,j)=xy(j,2)-xy(i,2);
dy(j,i)=-dy(i,j);
s(i,j)=sqrt(dx(i,j)^2+dy(i,j)^2);
s(j,i)=s(i,j);
end
end
dim=2*ns;
orient=0;
nw=0;
for k=1:ns
for l=1:ns
if jhdir(k,l)==1
orient=1;
end
end
if orient==1
nw=nw+1;
end
end

```

نموذج حساب مصفوفة الشكل في حال قياس المسافات:

```

% A - Mtarix for Distances
a_dist=zeros(nd,nw+dim);
i=0;
for k=1:ns
for l=1:ns
if jdist(k,l)==1

```

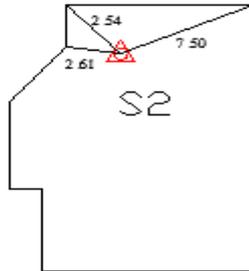
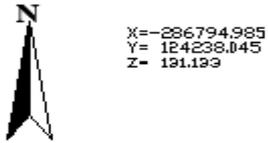
```

    i=i+1;
    a_dist(i,2*k-1)=-dx(k,1)/s(k,1);
    a_dist(i,2*k)=-dy(k,1)/s(k,1);
    a_dist(i,2*1-1)=-a_dist(i,2*k-1);
    a_dist(i,2*1)=-a_dist(i,2*k);
    if xy(k,4)==0
    a_dist(i,2*k-1)=0;
    a_dist(i,2*k)=0;
end
if xy(1,4)==0
    a_dist(i,2*1-1)=0;
    a_dist(i,2*1)=0;
end
end
end
end
    if orient==1
        nw=nw+1;
    end
end
display('_____')
display(' Coefficients Matrix')
a=[a_hdir;a_dist]
conlev=input('Enter confidence level as % =')
accept=input('The accept accuracy of coordinates by meter');

```

الملحق B:

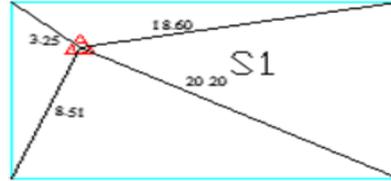
كروت وصف للنقاط S1,S2,S3,S4,S5:



تقع هذه الدلتا على سطح منزل معين الرقاد
وهو نقر محفور



X=-287246.088
Y= 123939.705
Z= 107.050



تقع هذه الدلتا على سطح منزل علي اسماعيل
وهو نقر محفور



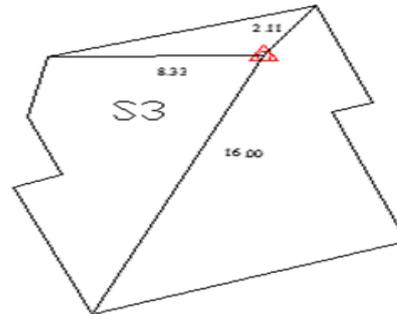
X=-285903.627
Y= 123573.634
Z= 322.564



تقع هذه الدلتا على سطح تلة شرق طريق دوير ببجدة قريص ومن الجبة
الجنوبية الشرقية لقرية العقبة وهي عبارة عن صبة بيتونية



X=-285994.895
Y= 124153.861
Z= 239.805



تقع هذه الدلتا على منزل حبيب اسكندر
وهو نقر محفور



X=-286742.193
Y= 123325.585
Z= 321.452



تقع هذه الدلتا في الاراضي غرب فيلا محسن سليمان
وهي عبارة عن صبة بيتونية

Abstract

The appropriate and best design for geodetic networks is an essential part of most of the topographers works and engineering projects, and this is done before any actual measurements. And this research focuses on study and programming the first issue for the design of geodesic networks, which aims to set the best shape of the networks in terms of points and best type in order to achieve the required quality standards sites (accuracy and reliability) and the lowest possible cost and using the method of repetition and experimentation. This issue has been programming in Matlab by using graphical user interface, where there are many instructions and equations and formulas ready-made software that facilitates programming significantly.

Surveyor is always trying to be the cost of areal work in terms of time and costs as little as possible while maintaining the quality of the network represented by its accuracy and reliability, and that the goal of the program as it helps the designer to choose the best among the solutions acceptable solution.

In the past, geodesic network design based on experience and common sense and previous results for similar work, but now can find a better design programmatically due to the availability of appropriate technologies and software.

Find interested in examining the first issue for the design of geodesic networks as well as to study the cost of design as a quality criterion for the selection of the best design, as well as the previous standards with programming solution using the MATLAB software.

Analysis of results showed savings in time and effort by the team before making any actual measurements allowing verification of the validity of the design before implementation, and helps surveyor to choose the most appropriate measurement technology and a better measurement.

Keywords: The first issue, the design of geodesic networks, accuracy, reliability, cost, error and experimentation way, graphical user interfaces.



Tishreen University
Faculty of Civil Engineering
Department of Topographic Engineering

The Best Design of Surveying Network by Using Matrix Design

Thesis to Obtain the Master of Science Degree in Topographic
Engineering at The Faculty of Civil Engineering

Submitted BY

Eng. Tammam Adnan Hammad

Bachelor of Science in Civil Engineering-2010

Supervisors:

Contributor Supervisor

Dr. Mohsen Ahmad

Main Supervisor

Dr. Nada Mahfoud

Study year 2016