GEOSA
الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية
General Authority for Survey and Geospatial Information

www.geosa.gov.sa

الدليل الارشادي

البيئة التجريبية الجيومكانية

الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية

مايو 2025م

المحتوى

1 مقدمة 5

1.1 الغرض من مبادرة البيئة التجريبية الجيومكانية (GEOSandbox) 5

1.2 المملكة العربية السعودية كمركز للابتكار الجيومكاني 5

1.3 دور الهيئة في ريادة الحلول الجيومكانية 5

1.4 البيئة التجريبية الجيومكانية كمحفز للابتكار 6

1.5 توسيع البيئة التجريبية الجيومكانية: بما في ذلك التقنيات الناشئة عالميًا والتقنيات الجديدة على السوق السعودية المحلية 7

1.5.1 التقنيات الناشئة عالميًا 7

1.5.2 التقنيات الناضجة عالميًا والجديدة محليًا 8

2 أهداف البيئة التجريبية الجيومكانية 9

2.1 تحفيز الابتكار في التقنيات الجيومكانية 9

2.1.1 إنشاء بيئة خاضعة للرقابة لتنفيذ المشاريع 9

2.2 دعم الأهداف التنموية المحلية والوطنية 9

2.3 بناء قاعدة معرفية للمشاريع المستقبلية 9

2.4 تعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة 10

2.5 ضمان التوافق مع المعايير العالمية والأنظمة المحلية 10

3 نطاق البيئة التجريبية الجيومكانية 11

3.1 المجالات التقنية 11

3.2 النطاق الجغرافي 14

3.3 مشاركة أصحاب المصلحة 14

3.4 التكامل التقني 15

3.4.1 تبنٍّ تقني منظم 15

3.4.2 التقنيات الرئيسية للتكامل 15

3.4.3 التقنيات الناشئة عالميًا 16

3.5 مخرجات البيئة التجريبية الجيومكانية 17

3.6 الاستثناءات 18

3.6.1 المشاريع غير الاستراتيجية أو غير المنظمة 18

3.6.2 التقنيات غير المتوافقة أو غير المعتمدة 18

3.6.3 الابتكارات غير القابلة للتوسع أو المبكرة جداً 18

4 الإطار العام للبيئة التجريبية الجيومكانية 19

4.1 المنهجية المتبعة في تصميم المشاريع الجيومكانية 19
4.2 البنية التحتية والأسس التكنولوجية 19
4.3 السياسات والمعايير والسياق التنظيمي 19
4.4 أدوار أصحاب المصلحة في التنفيذ والإشراف 20
4.5 التعاون مع النظام البيئي الأوسع 20
4.6 آليات المتابعة والتقارير 21
5 تصميم وتنفيذ المشاريع 22
5.1 وضع المفهوم وتحديد الأهداف 22
5.2 مبادئ التصميم وإطار العمل للمشاريع 22
5.3 اختبار وتحقق من النتائج 22
5.4 التوثيق والتقارير 23
5.5 إشراك أصحاب المصلحة 23
5.6 التوسع ونقل المعرفة 23
6 خارطة طريق البيئة التجريبية الجيومكانية 24
6.1 المرحلة الأولى: التقييم الأولي (١-٢ شهر) 24
6.2 المرحلة الثانية: التخطيط (١-٢ شهر) 25
6.3 المرحلة الثالثة: تطوير المشاريع التجريبية (٣-٦ أشهر) 26
6.4 المرحلة الرابعة: الاختبار والتحقق (٣-٦ أشهر) 27
6.5 المرحلة الخامسة: النشر والخروج (١-٢ شهر) 28
7 خطة إدارة البيئة التجريبية الجيومكانية 29
7.1 الحوكمة والإشراف 29
7.2 العمليات التشغيلية 30
7.3 الموارد البشرية والقدرات 30
7.4 الميزانية: التكاليف التأسيسية والتشغيلية 31
8 الإرشادات الرئيسية للمشاريع الجيومكانية 33
8.1 التوافق مع مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة(ETRI) 33
8.2 جمع البيانات الجيومكانية واكتسابها 33
8.3 معالجة البيانات الجيومكانية وضمان الجودة 34
8.4 إدارة البيانات الجيومكانية وتكاملها 34
8.5 تصميم تطبيقات ملاحة قابلة للتوسع وموثوقة 35
8.6 رسم الخرائط، التصوير البصري، وتطوير التوأم الرقمي 35

8.7 التكيف مع السياق الجغرافي والعمراني المحلي 35
8.8 ضمان خصوصية البيانات وأمنها 36
8.9 التوثيق وتبادل المعرفة 36
9 مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لنجاح المشاريع 37
9.1 مؤشرات الأداء العامة للحاضنة الجيومكانية 37
9.2 مؤشرات الأداء لجمع البيانات ودقتها 37
9.3 مؤشرات الأداء لجودة البيانات الجيومكانية ومعالجتها 37
9.4 مؤشرات الأداء لرسم الخرائط، التصوير البصري، وتطوير التوأم الرقمي 38
9.5 مؤشرات الأداء للأثر الأوسع 38
9.6 مؤشرات الأداء للمتابعة وإعداد التقارير 38
9.7 عوامل التقييم بناءً على مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI) 38
9.7.1 القدرات البحثية 38
9.7.2 الاتصال والتشغيل البيني 38
9.7.3 المعايير والقياس 39
9.7.4 التكامل وقابلية التوسع 39
10 الدروس المستفادة وأفضل الممارسات 40
10.1 التحديات والحلول 40
10.2 أبرز الدروس من البيئة التجريبية 40
10.3 أفضل الممارسات لجمع البيانات الجيومكانية 40
10.4 أفضل الممارسات لمعالجة البيانات وإدارتها 41
10.5 أفضل الممارسات للتحليلات الجيومكانية ودعم اتخاذ القرار 41
10.6 توصيات للمشاريع الجيومكانية المستقبلية 41
10.7 الرؤية طويلة المدى 42
11 التوثيق 43
11.1 أهمية التوثيق 43
11.2 أنواع التوثيق 43
11.3 عمليات التوثيق 43
11.4 توثيق مخصص لأصحاب المصلحة 44
11.5 التوثيق من أجل نقل المعرفة 44
11.6 الأرشفة وسهولة الوصول 44

12 الخاتمة 45
12.1 تمكين المملكة كقائد إقليمي في الابتكار الجيومكاني..... 45
12.2 المساهمة في استراتيجية الهيئة..... 45
12.3 تمكين تبادل المعرفة والنمو..... 45
12.4 دعوة للتعاون..... 45
12.5 رؤية نحو المستقبل..... 46
13 المراجع..... 47

1 مقدمة

1.1 الغرض من مبادرة البيئة التجريبية الجيومكانية (GEOSandbox)

تهدف مبادرة البيئة التجريبية الجيومكانية (GEOSandbox) إلى إنشاء بيئة مخصصة في المملكة العربية السعودية لتصميم وتطوير وتنفيذ مشاريع جيومكانية متطورة. ستكون هذه البيئة بمثابة مساحة خاضعة للرقابة حيث يمكن تطوير المشاريع الجيومكانية واختبارها. تهدف هذه المبادرة إلى تسريع تقدم التقنيات الجيومكانية ووضع سابقة للمبادرات المستقبلية في المملكة العربية السعودية.

1.2 المملكة العربية السعودية كمركز للابتكار الجيومكاني

تمثل المملكة العربية السعودية، بما لديها من بيئة عمرانية فريدة وأهمية تاريخية، موقعًا مثاليًا لإنشاء بيئة تجريبية جيومكانية. وفي المرحلة الحالية، تعمل المملكة على وضع المنهجية والمسار التأسيسي لهذا التوجه من خلال الاستفادة من التنوع الجغرافي والبنية التحتية سريعة النمو، وستعمل البيئة التجريبية الجيومكانية (GEOSandbox) على إنشاء نظام بيئي يعزز الإبداع والابتكار في الحلول الجيومكانية. وتتوافق هذه المبادرة مع استراتيجية الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية (GEOSA) والنظام البيئي الجيومكاني الوطني، مما يساهم في تحول الأمة إلى رائد عالمي في التكنولوجيا والابتكار الرقمي.

1.3 دور الهيئة في ريادة الحلول الجيومكانية

تلعب الهيئة دورًا محوريًا في دفع عجلة تبني التقنيات الجيومكانية المتقدمة في جميع أنحاء المملكة العربية السعودية. وكجزء من تفويضها بإنشاء منظومة جيومكانية وطنية قوية، تقود الهيئة تطوير مبادرة البيئة التجريبية، التي تهدف إلى توفير بيئة خاضعة للرقابة لاختبار واعتماد ونشر الحلول الجيومكانية المبتكرة.

ومن خلال تيسير هذه البيئة التجريبية، تسعى الهيئة إلى إرساء إطار تنظيمي وفني منظم يمكّن الجهات الفاعلة من القطاعين العام والخاص من استكشاف وتطوير التقنيات الجيومكانية الناشئة. وتدعم البيئة التجريبية اختبار التحليلات البيانات الجيومكانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وتكنولوجيا التوائم الرقمية، والخرائط عالية الدقة، ومعالجة البيانات المكانية في الوقت الفعلي. وتُعد هذه القدرات أساسية لتلبية الاحتياجات المتزايدة للمدن الذكية وشبكات النقل وتخطيط البنية التحتية ورصد البيئة وإدارة الكوارث.

وكما أبرز مؤشر جاهزية تبني التقنيات الناشئة لعام 2025 [6، 7]، فإن تبني التقنيات الجيومكانية المتقدمة يجب أن يكون منهجيًا وقابلًا للتوسع ومتوافقًا مع استراتيجيات التحول الرقمي الوطنية. وبناءً على ذلك، تضمن الهيئة أن تتبع البيئة التجريبية الجيومكانية معايير تقييم منظمة تشمل قابلية التشغيل البيني، وإمكانية التوسع، والامتثال للمعايير الجيومكانية العالمية.

علاوة على ذلك، تهدف البيئة التجريبية إلى تعزيز الشراكات الصناعية من خلال تشجيع التعاون بين مزودي تقنيات الجيومكانية، ومطوري حلول الذكاء الاصطناعي، والمعنيين بالبنية التحتية الرقمية. ومن المتوقع أن يُسهم هذا النظام البيئي التعاوني في تسريع نقل المعرفة، وتعزيز الامتثال التنظيمي، وتسهيل التطبيق العملي للتقنيات الناشئة.

1.4 البيئة التجريبية الجيومكانية كمحفز للابتكار

تماشيًا مع توصيات جاهزية تبني التقنيات الناشئة لعام 2025 [6، 7]، ستقوم الهيئة بتنفيذ المبادرات الاستراتيجية التالية من خلال البيئة التجريبية الجيومكانية:

أ. البحث والتطوير

- تحديد فجوات البيانات الحرجة وتعزيز عمليات تحديث البيانات في الوقت الفعلي باستخدام تحليلات جيومكانية آلية مدعومة بالذكاء الاصطناعي.
- تعزيز التعاون مع المنظمات الجيومكانية الدولية لتبني منهجيات متطورة في الذكاء الجيومكاني، ودمج البيانات، والخرائط ثلاثية الأبعاد.
- الاستثمار في النمذجة الجيومكانية التنبؤية القائمة على الذكاء الاصطناعي لتعزيز قدرات اتخاذ القرار المكاني.

ب. التعاون مع أصحاب المصلحة

- الاستفادة من المشاركة في القمم العالمية للتقنيات الناشئة وورش العمل الاستراتيجية لتعزيز الوعي بالابتكار الجيومكاني وتبنيه
- تطوير برامج تدريبية للأنظمة الجيومكانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي لرفع مستوى مهارات أصحاب المصلحة في القطاعين العام والخاص
- تعزيز الشراكات مع قادة التكنولوجيا الجيومكانية الدوليين (مثل ESRI، Open Geospatial Consortium) لتوحيد قابلية التشغيل البيني.

ج. استخدام الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة:

- نشر أنظمة الذكاء الجيومكاني المدعومة بالذكاء الاصطناعي لتحليل كميات هائلة من البيانات المكانية لتحسين التخطيط الحضري، وتحسين النقل، وإدارة الكوارث.
- استخدام نماذج التعلم الآلي لتعزيز تقييمات المخاطر الجيومكانية وضمان قابلية التكيف الفوري للسياسات.
- تعزيز دمج البيانات متعددة المصادر، بما في ذلك التغذيات الجيومكانية القائمة على إنترنت الأشياء (IoT)، لتطوير حلول توأم رقمي مستدامة.

د. الواقع الافتراضي والمعزز

- استكشاف تطبيقات الميتافيرس لتصور البيانات الجيومكانية المعقدة ضمن بيئات الواقع الافتراضي والمعزز.
- تطوير خرائط تفاعلية ثلاثية الأبعاد وأدوات محاكاة قائمة على الواقع الافتراضي (VR) لتعزيز تخطيط السيناريوهات الجيومكانية واتخاذ القرارات لأصحاب المصلحة.

هـ. دمج التحليلات المكانية المتقدمة:

- تطبيق تحليلات جيومكانية مدفوعة بالذكاء الاصطناعي للمعالجة في الوقت الفعلي للخرائط عالية الدقة، والصور البانورامية، ومجموعات البيانات الجيومكانية عالية الدقة
- إنشاء إطار عمل للنمذجة الجيومكانية التنبؤية لتحسين تخطيط البنية التحتية واستراتيجيات التوسع الحضري
- تعزيز أنظمة الكشف الآلي عن القيم الشاذة لتحسين دقة وموثوقية البيانات الجيومكانية.

من خلال هذه الجهود، ستعمل البيئة التجريبية الجيومكانية كمحفز للابتكار الجيومكاني، ودعم اتخاذ القرارات القائمة على البيانات، وتخصيص الموارد الأمثل، وتعزيز القدرات الجيومكانية الوطنية. تعد هذه المبادرة خطوة أساسية نحو وضع المملكة العربية السعودية كقائد عالمي في الذكاء الجيومكاني والحوكمة الرقمية.

1.5 توسيع البيئة التجريبية الجيومكانية: بما في ذلك التقنيات الناشئة عالميًا والتقنيات الجديدة على السوق السعودية المحلية

تهدف البيئة التجريبية الجيومكانية إلى تسريع تبني ونشر أحدث التقنيات الجيومكانية. فبينما لا تزال بعض هذه التقنيات في مراحل التبني الأولى على المستوى العالمي، هناك تقنيات أخرى ناضجة ومعتمدة في الأسواق الدولية لكنها لا تزال جديدة على النظام الجيومكاني في المملكة العربية السعودية. ومن أجل ترسيخ مكانة المملكة كمركز رائد في الابتكار الجيومكاني، ستُستخدم البيئة التجريبية كمنصة منظمة لتجريب ودمج وتوسيع نطاق كلا الفئتين من التقنيات:

1.5.1 التقنيات الناشئة عالميًا

ستوفر البيئة التجريبية الجيومكانية بيئة اختبار آمنة للتقنيات التي يتم تطويرها حاليًا على المستوى الدولي ولم تصل بعد إلى مرحلة الانتشار الواسع. وتشمل هذه التقنيات ما يلي:

أ. التحليلات الجيومكانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي لاستخراج العناصر الجيومكانية تلقائيًا والنمذجة التنبؤية.
ب. التوائم الرقمية للرصد الجيومكاني في الوقت الفعلي والمحاكاة الديناميكية.
ج. رسم الخرائط عالية الدقة المدعومة بشبكات الجيل الخامس (5G) لتطبيقات الملاحة الدقيقة والفورية.
د. تقنيات التنقل الذاتي التي تعتمد على الاتصال بين المركبات وكل ما يحيط بها (V2X)، ورسم الخرائط بالليدار في الوقت الفعلي، والتحديد عالي الدقة للمواقع.
ه. التحقق من صحة البيانات الجيومكانية باستخدام تقنية البلوك تشين (Blockchain) لتوفير سجلات موثوقة وغير قابلة للتغيير.
و. البيئات المكانية المدمجة مع الواقع الإفتراضي المعزز لتعزيز تخطيط المدن ومحاكاة البنية التحتية.

وسيتم تقييم هذه التقنيات الناشئة عالميًا بناءً على مدى قابليتها للتوسع، وتوافقها التشغيلي، وامتثالها للأطر التنظيمية، قبل دمجها ضمن المنظومة الجيومكانية السعودية الأوسع.

1.5.2 التقنيات الناضجة عالميًا والجديدة محليًا

رغم أن العديد من هذه التقنيات قد حظيت باعتماد واسع في الأسواق الدولية، فإن تطبيقها في المملكة العربية السعودية لا يزال في مراحله الأولى. وستُسهم البيئة التجريبية الجيومكانية في تسريع دمج هذه التقنيات من خلال إنشاء البنية التحتية اللازمة، وتهيئة المسارات التنظيمية، ووضع استراتيجيات تكييف محلية. وتشمل هذه التقنيات ما يلي:

أ. التصوير البانورامي وأنظمة المسح المتنقل:

رغم استخدامها الدولي في رسم الخرائط الحضرية، وتتبع الأصول، وإدارة البنية التحتية، إلا أن تطبيقات التصوير البانورامي على نطاق واسع لا تزال محدودة في المملكة. ستدعم البيئة التجريبية دمج هذه الأنظمة في تخطيط البلديات، ورصد حركة المرور، والتحليل البيئي.

ب. خطوط معالجة البيانات الجيومكانية المؤتمتة:

سيتم إدخال تقنيات استخراج العناصر الجيومكانية، واكتشاف التغيرات، والتوسيم التلقائي المدعومة بالذكاء الاصطناعي—والمستخدمة عالميًا في تطبيقات الخرائط عالية الدقة—لتُوظف في تخطيط البنية التحتية، والزراعة، والمراقبة البيئية في المملكة.

ج. الخرائط ثلاثية الأبعاد عالية الدقة والتوائم الرقمية:

رغم انتشار التصوير الجيومكاني ثلاثي الأبعاد على مستوى العالم لدعم المدن الذكية والمرونة في مواجهة الكوارث، إلا أن تبنيها في استراتيجيات التطوير الحضري بالمملكة لا يزال في طور التكوين. لذا ستدعم البيئة التجريبية تطويرها للتنفيذ على نطاق واسع.

د. نظم المعلومات الجغرافية ومنصات البيانات الجيومكانية السحابية:

أحدثت منصات نظم المعلومات الجغرافية المعتمدة على الحوسبة السحابية تحولًا جذريًا في التحليلات المكانية والتعاون بين القطاعات واتخاذ القرارات في الوقت الفعلي حول العالم، إلا أن العديد من الجهات السعودية لا تزال في طور الانتقال من الحلول المحلية إلى نظم المعلومات الجغرافية السحابية المتكاملة. ستُوجّه البيئة التجريبية هذا التحول من خلال تطبيقات آمنة وقابلة للتوسع.

ه. التنقل الذاتي ورسم الخرائط عالية الدقة للمدن الذكية:

تشهد المملكة تحولًا سريعًا في مجال التنقل، غير أن اعتماد الخرائط عالية الدقة للقيادة الذاتية، والروبوتات التوصيلية، والزراعة الدقيقة لا يزال في بداياته. ستدعم البيئة التجريبية الجيومكانية توطين تطوير الخرائط عالية الدقة وتحسين دورات تحديثها.

من خلال تيسير إدخال التقنيات الناشئة عالميًا والجديدة محليًا، تضمن البيئة التجريبية الجيومكانية بقاء المملكة العربية السعودية منافسة في المشهد الجيومكاني العالمي، مع الاستجابة لأولوياتها الوطنية في مجالات البنية التحتية، والتنقل، والتخطيط الحضري، والاستدامة البيئية.

2 أهداف البيئة التجريبية الجيومكانية

تم تصميم البيئة التجريبية الجيومكانية لدفع عجلة التقدم التكنولوجي، وتحقيق التوافق التنظيمي، وتعزيز جاهزية السوق لتبني الابتكارات الجيومكانية في المملكة العربية السعودية وخارجها. ومن خلال توفير بيئة اختبار منظمة، تُسهم البيئة التجريبية الجيومكانية في تسهيل تبني التقنيات الجيومكانية الناشئة، وتوطين الحلول الناضجة عالميًا، وتطوير تطبيقات قابلة للتوسع تدعم البنية التحتية الوطنية، وتسريع التحول الرقمي في مختلف القطاعات.

2.1 تحفيز الابتكار في التقنيات الجيومكانية

تهدف البيئة التجريبية الجيومكانية إلى تسريع وتيرة تطوير الحلول الجيومكانية المبتكرة من خلال دعم تبني التحليلات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، والتوائم الرقمية، والخرائط عالية الدقة، واستخبارات المواقع الممكّنة بإنترنت الأشياء.

ستعتمد المبادرة على منهجيات مدروسة قائمة على البحث لتقييم التقنيات الناشئة عالميًا والجديدة على السوق المحلي، بما يضمن ريادة المملكة العربية السعودية للابتكار الجيومكاني على المستوى الإقليمي. كما سيُسهم التعاون مع مزودي التكنولوجيا في إتاحة بيئة تجريبية لتطبيق تقنيات متقدمة تشمل الاستخراج التلقائي للمعالم الجيومكانية، انتاج رؤى جيومكانية باستخدام تعلم الآلة، والحوسبة المكانية المعتمدة على شبكات الجيل الخامس (5G).

2.1.1 إنشاء بيئة خاضعة للرقابة لتنفيذ المشاريع

توفر البيئة التجريبية الجيومكانية مساحة اختبار آمنة يمكن من خلالها تصميم واختبار وتحسين المشاريع الجيومكانية ضمن إطار تنظيمي منظم وواضح. وتُتيح هذه البيئة تقييم التقنيات الناشئة مثل: سجلات البيانات الجيومكانية المدعومة بتقنية البلوك تشين، أدوات التصور المدمجة مع الواقع الافتراضي المعزز، وأنظمة الملاحة الذاتية، وذلك قبل تنفيذها على نطاق وطني واسع.

وتضمن البيئة التجريبية أن تتوافق الحلول الجيومكانية مع معايير حوكمة البيانات، والأمن السيبراني، والامتثال التنظيمي، مما يحد من المخاطر المحتملة قبل اعتمادها الرسمي.

2.2 دعم الأهداف التنموية المحلية والوطنية

تتوافق البيئة التجريبية الجيومكانية مع الرؤية الاستراتيجية للهيئة وخارطة الطريق للتحول الرقمي في المملكة العربية السعودية، حيث تُسهم في تعزيز التقدم في مجالات المدن الذكية، والتنقل، ورصد البيئة، وتخطيط البنية التحتية.

وستُعزز البيئة التجريبية مشاركة القطاع الخاص من خلال توفير بيئة اختبار عملية للشركات الناشئة المبتكرة، ومؤسسات التكنولوجيا، والمراكز البحثية. كما ستدعم البيئة التجريبية تطوير خدمات جيومكانية مدعومة بالذكاء الاصطناعي في قطاعات حيوية مثل النقل، والسلامة العامة، والزراعة، والطاقة، والتخطيط الحضري.

2.3 بناء قاعدة معرفية للمشاريع المستقبلية

ستُسهم البيئة التجريبية الجيومكانية في توثيق مسارات تبني التقنيات، وأفضل الممارسات التنظيمية، وأسس إدارة البيانات الجيومكانية، بما يضمن استمرارية المعرفة ونقلها. حيث سيتم إعداد منهجيات موحّدة كمرجع في مجالات مثل: رسم الخرائط عالية الدقة، والتحليلات المكانية في

الوقت الفعلي، واستخبارات المواقع المعتمدة على الذكاء الاصطناعي. وسيُجري تبادل الدروس المستفادة مع الجهات الحكومية والمبتكرين في القطاع الخاص والمؤسسات الأكاديمية، بما يدعم اتخاذ القرارات المبنية على البيانات في المشاريع المستقبلية.

2.4 تعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة

ستُعزز البيئة التجريبية الجيومكانية التعاون بين الجهات الحكومية، ومزودي التقنيات من القطاع الخاص، والباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي، وخبراء الحوسبة السحابية. وستُسهم الشراكات الاستراتيجية مع كبرى الشركات العالمية المتخصصة في الجيومكانية (مثل ESRI، وOpen Geospatial Consortium، ومزودي نظم المعلومات الجغرافية السحابية) في ضمان تبني المملكة لأفضل الممارسات المعترف بها دوليًا. كما ستدعم البيئة التجريبية الابتكار متعدد القطاعات، مما يتيح لشركات التنقل الذاتي، ومزودي خدمات الاتصالات، والجهات الحكومية الرقمية العمل معًا على تطوير تطبيقات الجيومكانية من الجيل القادم.

2.5 ضمان التوافق مع المعايير العالمية والأنظمة المحلية

ستضمن البيئة التجريبية الجيومكانية الالتزام بأطر حوكمة البيانات الجيومكانية الدولية، بما في ذلك معايير ISO الجيومكانية، وتوجيهات لجنة الخبراء العالمية لإدارة المعلومات الجيومكانية التابعة للأمم المتحدة (UN-GGIM)، والمبادئ الأخلاقية الناشئة للذكاء الاصطناعي. كما ستدمج سياسات هيئة الحكومة الرقمية (DGA)، لضمان توافق حلول نظم المعلومات الجغرافية السحابية، وتكامل التوائم الرقمية، واستخبارات المواقع المدعومة بالذكاء الاصطناعي مع متطلبات الأمن الوطني وأنظمة حماية البيانات. وستعمل البيئة التجريبية أيضًا كمركز مرجعي لتقييم مدى جاهزية القطاع الجيومكاني في المملكة مقارنة بالدول الرائدة عالميًا.

3 نطاق البيئة التجريبية الجيومكانية

3.1 المجالات التقنية

تركز مبادرة البيئة التجريبية الجيومكانية على مجموعة من المجالات التقنية الأساسية في قطاع البيانات الجيومكانية بهدف دفع الابتكار وتحقيق نتائج مؤثرة، وتشمل ما يلي:

١. **المسح الجوي**

- استخدام الطائرات بدون طيار والمنصات الجوية لجمع بيانات مكانية عالية الدقة.

٢. **الاستشعار عن بُعد**

- معالجة وتحليل بيانات الاستشعار عن بُعد لتطبيقات مثل تخطيط استخدام الأراضي والرصد البيئي.
- المشاركة في البحث والتطوير وتصنيع الأقمار الصناعية وخدمات تحليلات البيانات، بالتعاون مع الحكومات والشركات والجهات البحثية.

٣. **الاستشارات والخدمات الاستراتيجية الجيومكانية**

- تقديم الاستشارات المتخصصة في السياسات والاستراتيجيات وتنفيذ المشاريع الجيومكانية.
- دعم الجهات في توظيف التقنيات الجيومكانية بكفاءة.

٤. **التصوير البانورامي وخدمات البيانات الجيومكانية**

- التقاط ومعالجة الصور البانورامية للتطبيقات الجيومكانية.
- دمج الصور عالية الدقة مع نظم المعلومات الجغرافية لتحليلات مكانية متقدمة.

٥. **تصميم تطبيقات الملاحة**

- تطوير أنظمة ملاحة مبتكرة تركّز على دمج الاستخبارات المكانية لتعزيز الدقة وتجربة المستخدم.
- استكشاف استخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين الملاحة في البيئات الحضرية المعقدة.

٦. **رسم الخرائط وإنتاجها**

- إعداد خرائط طبوغرافية وموضوعية وحضرية.
- تحديث قواعد بيانات الخرائط الوطنية والإقليمية.

٧. **توحيد الأسماء الجغرافية**

- جمع والتحقق من قواعد بيانات الأسماء الجغرافية.
- دعم الجهود الوطنية في توحيد أسماء الأماكن لأغراض الخرائط والإدارة.

٨. **الاستشارات الجيوديسية والمساحية**

- تقديم خدمات استشارية متخصصة في الجيوديسيا.
- دعم إنشاء الإطارات المرجعية وتعزيز دقة التحديد المكاني.

٩. **المسح الجيوفيزيائي وتطبيقاته**

- إجراء مسوحات جيوفيزيائية باطنية لاستكشاف الموارد ودعم المشاريع الهندسية.
- استخدام الطرق الجيوديسية لدعم دراسات الزلازل واستقرار الأراضي.

١٠. **المسح العقاري والخرائط المساحية**

- تنفيذ مسوحات ميدانية واسعة النطاق لأغراض تسجيل الملكيات وإدارة الأراضي.
- دمج الأنظمة المساحية مع نظم المعلومات الجغرافية لتحسين حوكمة الأراضي.

١١. **تطوير قواعد البيانات الجيومكانية**

- بناء وإدارة قواعد بيانات مكانية فعالة.
- ضمان تكامل البيانات مع البنية التحتية الجيومكانية القائمة.

١٢. **تطبيقات وخدمات الويب الجيومكانية**

- تطوير منصات إلكترونية لعرض وتحليل البيانات المكانية.
- تنفيذ حلول نظم المعلومات الجغرافية السحابية لتحقيق خدمات قابلة للتوسع.

١٣. **تطوير وتشغيل البوابات الجيومكانية**

- إنشاء وصيانة بوابات بيانات مكانية مخصصة للمستفيدين.
- توفير وصول مركزي إلى مجموعات البيانات المكانية لصناع القرار.

١٤. **تشغيل نظم المعلومات الجغرافية**

- تطوير وإدارة وتحليل البيانات المكانية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.
- تطبيق حلول نظم المعلومات الجغرافية لدعم تخطيط المدن، ورصد البيئة، والمبادرات الذكية.

١٥. **إنتاج الأطالس**

- تصميم ونشر أطالس وطنية وموضوعية.
- تجميع وعرض البيانات المكانية بصيغ بصرية متعددة الاستخدامات.

١٦. **المسح الهيدروغرافي ورسم الخرائط البحرية**

- إجراء مسوحات أعماق البحار لرسم الطبوغرافيا البحرية.

- إنتاج الخرائط الملاحية ومجموعات البيانات البحرية لإدارة السواحل والملاحة.

١٧. **رصد المد والجزر ومستوى سطح البحر**

- قياس وتحليل حركة المد والجزر للتخطيط البحري والساحلي.
- دعم دراسات تغير المناخ من خلال مراقبة طويلة الأمد لمستويات البحر.

١٨. **الاستشارات الهيدروغرافية**

- تقديم استشارات فنية للمشاريع البحرية والساحلية.
- دعم جهود التخطيط البحري المستدام وإدارة المحيطات.

١٩. **رسم الخرائط البحرية وإنتاج الخرائط الملاحية**

- إنتاج وتحديث الخرائط الملاحية لضمان سلامة الملاحة البحرية.
- دمج البيانات الهيدروغرافية مع نظم المعلومات الجغرافية للتطبيقات البحرية.

٢٠. **ضبط جودة البيانات الجيومكانية**

- تنفيذ عمليات ضمان الجودة لمجموعات البيانات المكانية.
- ضمان دقة وتناسق البيانات وامتثالها للمعايير الفنية.

٢١. **حلول رسم الخرائط عالية الدقة (HD Mapping)**

- تصميم وتنفيذ أطر خرائطية دقيقة تلائم السياق المحلي جغرافيًا وبنيانيًا.
- إنتاج خرائط تفصيلية لدعم أنظمة الملاحة المتقدمة وتخطيط المدن الذكية.

٢٢. **تحليلات GeoAI**

- استخراج الخصائص تلقائيًا، والتصنيف المكاني، والتحليلات التنبؤية باستخدام الذكاء الاصطناعي.
- التعرف العميق على العناصر في الخرائط عالية الدقة، والصور البانورامية، وبيانات الأقمار الصناعية.
- دعم اتخاذ القرار المكاني باستخدام GeoAI في إدارة الكوارث وتخطيط المدن وتحسين الموارد.
- التقييم الآلي لجودة البيانات الجيومكانية باستخدام تقنيات اكتشاف الشذوذ الذكية.

٢٣. **تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin)**

- تطوير نماذج ثلاثية الأبعاد حية للبيئات الحضرية باستخدام بيانات إنترنت الأشياء والتحليلات الذكية.
- محاكاة مشاريع البنية التحتية (الطرق، الجسور، المدن الذكية) لتحسين التخطيط وكفاءة التكلفة.

- دمج تقنيات 5G وV2X لاختبار المركبات الذاتية ضمن بيئة توأم رقمي.
- استخدام التحليلات التنبؤية لدعم التوسع الحضري، ومرونة البنية التحتية، والاستدامة البيئية.

٢٤. **البلوك تشين لأمن البيانات الجيومكانية**

- إنشاء سجلات مكانية غير قابلة للتغيير لأغراض إدارة الأراضي والتوثيق المساحي والتحقق من البيانات.
- نماذج مشاركة بيانات لامركزية تعزز الشفافية والتكامل بين المنصات الجيومكانية الوطنية.

٢٥. **حلول جيومكانية مُمكنة عبر الواقع الافتراضي المعزز**

- تصميم نماذج حضرية تفاعلية ثلاثية الأبعاد لتخطيط المدن الذكية ومحاكاة حركة المرور واتخاذ القرار التشاركي.
- دمج الحوسبة المكانية لتعزيز التعاون الجيومكاني ضمن بيئات واقع افتراضي معزز.

3.2 النطاق الجغرافي

تم تصميم البيئة التجريبية الجيومكانية لتُنفّذ عبر جميع أراضي المملكة العربية السعودية، وذلك بما يتوافق مع التقنيات المستهدفة والمواقع التي تتميز بتنوعها الطوبوغرافي والحضري وتوفر بيئة مناسبة لتطبيق هذه التقنيات. تُعد المملكة، بما تمتلكه من إرث ثقافي غني وبنية تحتية متطورة، موقعًا مثاليًا لتجريب مشاريع ريادية قابلة للتوسع لاحقًا إلى مناطق أخرى داخل المملكة وخارجها.

3.3 مشاركة أصحاب المصلحة

ستعمل البيئة التجريبية الجيومكانية على إشراك مجموعة واسعة من أصحاب المصلحة لضمان تنفيذ شامل ومتكامل للمشاريع، وتشمل الفئات التالية:

- **الجهات الحكومية:** دعم مواءمة السياسات والتنظيمات لضمان توافق المشاريع مع الأطر الرسمية.
- **شركات القطاع الخاص:** تشجيع مشاركة مزودي التكنولوجيا، والشركات الناشئة، والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة في تطوير وتنفيذ الحلول الجيومكانية.
- **المنظمات غير الربحية:** تعزيز التعاون في المبادرات ذات الأثر الاجتماعي، ودعم سياسات البيانات المفتوحة، والترويج للاستخدام الأخلاقي للتقنيات الجيومكانية.
- **المؤسسات الأكاديمية والبحثية:** الاستفادة من الخبرات الأكاديمية لدفع الابتكار وإجراء تقييمات علمية دقيقة للتقنيات الجديدة.
- **المجتمعات المحلية:** ضمان توافق المشاريع مع احتياجات المجتمع المحلي والمساهمة في التنمية المستدامة على المستوى المحلي.

3.4 التكامل التقني

تم تصميم البيئة التجريبية الجيومكانية لتدمج مجموعة شاملة من التقنيات الجيومكانية التي تغطي النطاقات البرية والبحرية والجوية، بما يضمن جمع البيانات ومعالجتها وتحليلها بسلاسة عبر مختلف البيئات. ويستند هذا التكامل إلى نهج ثلاثي المستويات يشمل:

- التقنيات الناشئة عالميًا،
- التقنيات الناضجة والجديدة على السوق المحلي،
- والتطبيقات المتقدمة متعددة المجالات.

ويهدف هذا النهج إلى تعزيز مكانة المملكة العربية السعودية كدولة رائدة في مجال استخبارات المواقع والابتكار الجيومكاني.

3.4.1 تبنٍّ تقني منظم

يُصنّف الهيكل التقني للبيئة التجريبية الجيومكانية ضمن ثلاثة مستويات رئيسية لضمان التبني المنهجي للتقنيات المستهدفة:

أ. **التقنيات الناشئة عالميًا:**

ابتكارات لا تزال في مراحل التبني الأولية على مستوى العالم، وتتطلب بيئة اختبار مناسبة ومواءمة تنظيمية قبل اعتمادها الواسع.

ب. **التقنيات الناضجة عالميًا والجديدة محليًا:**

تقنيات أثبتت فعاليتها دوليًا ويتم العمل على دمجها ضمن النظام الجيومكاني في المملكة.

ج. **التقنيات الجيومكانية الأساسية:**

القدرات الجيومكانية الجوهرية التي تحتاج إلى تطوير وتوسيع نطاق استخدامها لتعظيم أثرها على المستوى الوطني.

3.4.2 التقنيات الرئيسية للتكامل

يجب أن يتوافق تكامل جميع التقنيات الجيومكانية مع المعايير الوطنية لبيانات المعلومات الجيومكانية [1]، لضمان التشغيل البيني واتساق البيانات عبر مختلف الأنظمة والمنصات.

تشمل التقنيات الأساسية في المرحلة الأولى ما يلي:

- **تقنيات التصوير البانورامي:**

استخدام تقنيات التصوير بزاوية 360 درجة عالية الدقة لتوثيق البيئات وتحليلها مكانيًا بدقة.

- **الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة (AI / ML):**

تعزيز عمليات الأتمتة، والتعرف على الصور، والنمذجة التنبؤية، ودعم اتخاذ القرار الذكي.

- **المسح الجوي:**

تشغيل الطائرات بدون طيار وأجهزة الاستشعار المحمولة جواً لجمع بيانات مكانية عبر تضاريس متنوعة.

- **الاستشعار عن بُعد:**

تصميم وتشغيل أقمار صناعية مخصصة للاستشعار عن بُعد، مع التركيز على قطاعات الطيران والدفاع والتقنيات الجيومكانية.

- **التقنيات الهيدروغرافية والبحرية:**

استخدام السونار، وقياس الأعماق بالليدار، وأنظمة رسم الخرائط تحت الماء لتطبيقات التخطيط المكاني البحري.

- **إنترنت الأشياء الجيومكاني (Geo-IoT):**

دمج شبكات مستشعرات في الوقت الفعلي لجمع البيانات وتحليلها ديناميكيًا في البيئات الحضرية والطبيعية.

- **الحوسبة السحابية وتحليلات البيانات الضخمة:**

تمكين تخزين البيانات ومعالجتها على نطاق واسع، واستخراج الرؤى باستخدام أدوات مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

- **التوأم الرقمي والنمذجة ثلاثية الأبعاد:**

إنشاء نماذج افتراضية تمثل البيئات الحقيقية لتعزيز عمليات التخطيط والمحاكاة واتخاذ القرار المكاني.

- **الأمن السيبراني للأنظمة الجيومكانية:**

تطبيق تدابير أمان قوية لحماية البيانات الجيومكانية والبنية التحتية من التهديدات الإلكترونية، وتشمل: تشفير البيانات والتخزين الآمن، وأمان الشبكات، وإدارة الوصول والمصادقة، والاستجابة للحوادث ورصد التهديدات والامتثال للمعايير الأمنية الدولية

3.4.3 التقنيات الناشئة عالميًا

تمثل هذه الابتكارات تقنيات لا تزال في طور التطوير على المستوى العالمي، وسيتم تقييمها داخل البيئة التجريبية الجيومكانية لضمان جدواها وقابليتها للتوسع على نطاق وطني:

أ. **الذكاء الاصطناعي الجيومكاني (GeoAI):**

يتضمن تقنيات متقدمة لاستخراج العناصر المكانية تلقائيًا، ونماذج التنبؤ المكاني، واكتشاف القيم الشاذة باستخدام الذكاء الاصطناعي.

ب. **تقنية التوأم الرقمي:**

نماذج ثلاثية الأبعاد في الوقت الفعلي تدمج الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء لدعم تخطيط المدن، ومرونة البنية التحتية، والتحليلات التنبؤية.

ج. التصوير الجيومكاني المدمج مع الواقع الإفتراضي المعزز:

رسم خرائط ثلاثية الأبعاد متقدمة ومحاكاة مكانية لدعم تطوير المدن وأنظمة النقل.

د. البلوك تشين لأمن البيانات الجيومكانية:

توفير سجلات غير قابلة للتعديل لإدارة الأراضي، ورسم الخرائط العقارية، والتحقق من صحة البيانات.

من خلال اعتماد نهج تقني شامل، تضمن البيئة التجريبية الجيومكانية قابلية هذه الابتكارات للتطبيق عبر النطاقات البرية والبحرية والجوية، بما يدعم مختلف الأنشطة والتقنيات الاقتصادية الجيومكانية، مثل التصوير البانورامي، والتحليلات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وغيرها.

3.5 مخرجات البيئة التجريبية الجيومكانية

ستُنتج البيئة التجريبية الجيومكانية مخرجات وتسليمات تغطي مختلف المجالات التقنية عبر البر والبحر والجو. وستتطور هذه المخرجات تدريجيًا مع تقدم مراحل المبادرة، لضمان قدرتها على التكيف مع الابتكارات الجيومكانية الناشئة. وفيما يلي أهم التسليمات ضمن المرحلة الأولى من تنفيذ البيئة التجريبية:

- **بيانات جيومكانية عالية الجودة:** مجموعات بيانات معالجة من مصادر جوية وبرية وبحرية، تدعم مجموعة متنوعة من التطبيقات الجيومكانية.
- **صور بانورامية وخرائط عالية الدقة (HD):** أدوات تصوير وتحليل بصري متقدمة تدمج تقنيات التصوير عالي الدقة مع حلول الخرائط الدقيقة.
- **تطبيقات متقدمة للملاحة والتحليل المكاني:** أنظمة مدعومة بالذكاء الاصطناعي للملاحة، وتخطيط المدن، والمراقبة البيئية.
- **بيانات الاستشعار عن بُعد لدعم اتخاذ القرار:** تشمل بيانات أولية ومعالجة من الأقمار الصناعية، صورًا مرجعة جغرافيًا، منتجات صور نقطية (Raster)، نماذج الارتفاع الرقمية (DEMs)، خرائط تحليلية وموضوعية، بيانات مناخية وبيئية، وأنظمة استخبارات جيومكانية لدعم القرار.
- **معايير ومنهجيات البيانات الجيومكانية:** أطر عمل تضمن دقة البيانات، وسهولة التشغيل البيني، والامتثال للمعايير الوطنية والدولية.
- **توثيق العمليات وأفضل الممارسات:** تقارير شاملة توضح المنهجيات ومسارات العمل والدروس المستفادة، بهدف نقل المعرفة وتوسيع نطاق المشاريع المستقبلية.
- **إطار للأمن السيبراني في الأنظمة الجيومكانية:** مجموعة من السياسات والبروتوكولات الأمنية لحماية البنية التحتية الجيومكانية من التهديدات الإلكترونية.

من خلال تبنّي نهج تقني شامل، تضمن البيئة التجريبية الجيومكانية توافق الابتكارات مع جميع البيئات - البرية والبحرية والجوية - بما يدعم التطبيقات الجيومكانية في التصوير البانورامي، والتحليلات الذكية، وكافة الأنشطة الاقتصادية المعتمدة على المعلومات الجيومكانية.

3.6 الاستثناءات

تم تصميم البيئة التجريبية لدعم الابتكارات الجيومكانية المنظمة والقابلة للتوسع والمتوافقة استراتيجياً. ولضمان تخصيص الموارد بشكل فعال وضمان جدوى المشاريع، تستثني البيئة التجريبية ما يلي:

3.6.1 المشاريع غير الاستراتيجية أو غير المنظمة

أ. المشاريع التي تفتقر إلى أهداف واضحة، أو نتائج محددة، أو مؤشرات تأثير قابلة للقياس.
ب. المبادرات الاستكشافية التي تفتقر إلى حالة استخدام واضحة أو لا تتماشى مع الأولويات الاستراتيجية الجيومكانية الوطنية.
ج. مشاريع البحث التي لا تسهم في البنية التحتية الجيومكانية للمملكة العربية السعودية، أو في التنمية الاقتصادية، أو في الأطر التنظيمية.

3.6.2 التقنيات غير المتوافقة أو غير المعتمدة

أ. التقنيات التجريبية التي لا تمتلك خارطة طريق واضحة للتنفيذ في العالم الحقيقي أو للامتثال التنظيمي.
ب. الحلول التي لا تتماشى مع تركيز الهيئة على التقنيات الناشئة، أو حوكمة البيانات الجيومكانية، أو معايير التشغيل البيني.
ج. المفاهيم النظرية البحتة التي تفتقر إلى نموذج أولي عملي أو عرض توضيحي لإثبات الفكرة.

3.6.3 الابتكارات غير القابلة للتوسع أو المبكرة جداً

أ. المبادرات التي تفتقر إلى الجاهزية التكنولوجية أو البنية التحتية أو تبني القطاع الصناعي اللازم لتنفيذها على نطاق واسع.
ب. المشاريع التي لا تفي بالمعايير الفنية أو الأمنية أو التنظيمية المطلوبة للاندماج ضمن المنظومة الرقمية في المملكة العربية السعودية.
ج. الحلول التي لا يمكن اختبارها أو التحقق من فعاليتها أو توسيع نطاقها ضمن الإطار الزمني التشغيلي المحدد للبيئة التجريبية.

4 الإطار العام للبيئة التجريبية الجيومكانية

4.1 المنهجية المتبعة في تصميم المشاريع الجيومكانية

ستتبع البيئة التجريبية الجيومكانية منهجية منظمة لتوجيه تصميم المشاريع وتنفيذها وتقييمها. وتشمل هذه المنهجية ما يلي:

- **تقييم الاحتياجات**: تحديد التحديات والفرص الجيومكانية المحددة في المملكة العربية السعودية.
- **تصميم الحلول**: تطوير تطبيقات جيومكانية مخصصة باستخدام أحدث التقنيات المتقدمة.
- **التطوير التكراري**: تطبيق منهجيات مرنة (Agile) لتحسين الحلول بناءً على التغذية الراجعة ونتائج الاختبار.
- **التقييم والتوثيق**: تقييم نتائج المشاريع وتوثيق النتائج لاستخدامها في المبادرات المستقبلية.
- **الارتباط والتكامل مع الجهات الحكومية**: لضمان التوافق مع السياسات واللوائح والأنظمة الوطنية ذات الصلة، ودعم مسارات تمكين الحلول والتقنيات الجيومكانية.

4.2 البنية التحتية والأسس التكنولوجية

ستعتمد البيئة التجريبية على بنية تحتية قوية تتيح تنفيذ المشاريع بسلاسة، بهدف تحقيق الأهداف المرجوة في المراحل الأولى من هذه البيئة والاستعداد للعمل المستمر في المراحل التالية من المبادرة. وتشمل هذه الأسس ما يلي:

- **بنية تحتية لجمع البيانات**: نشر مستشعرات متقدمة وكاميرات وطائرات بدون طيار لجمع الصور البانورامية وإنشاء خرائط عالية الدقة.
- **منصات المعالجة والتحليل**: أنظمة حوسبة عالية الأداء لمعالجة مجموعات البيانات الضخمة، مدعومة بحلول سحابية داخل المملكة لضمان القابلية للتوسع.
- **أدوات العرض البصري**: منصات الواقع المعزز والواقع الافتراضي وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لعرض البيانات بشكل تفاعلي وسهل الاستخدام.
- **الاتصال الشبكي**: التكامل مع شبكات إنترنت الأشياء (IoT) وتقنيات الجيل الخامس (5G) لتمكين تبادل البيانات وتحليلها في الوقت الفعلي.

4.3 السياسات والمعايير والسياق التنظيمي

ستعمل البيئة التجريبية الجيومكانية ضمن إطار تنظيمي محدد لضمان الامتثال والتناسق والتوافق مع أفضل الممارسات في القطاع. وستلتزم العمليات داخل البيئة التجريبية بالسياسات الوطنية للبيانات الجيومكانية فيما يتعلق بالتراخيص، وضوابط الوصول، وحوكمة البيانات. كما يشمل ذلك التعاون مع الجهات المعنية لوضع السياسات والمعايير التي تدعم التطبيق الناجح للتقنيات الجيومكانية.

- **التوافق التنظيمي**: الالتزام بسياسات البيانات الجيومكانية الوطنية، وسياسات الهيئة، وتوجيهات هيئة الحكومة الرقمية (DGA)، من خلال التنسيق والمشاركة مع جميع أصحاب المصلحة المعنيين.
- **المعايير**: وضع إرشادات ومعايير تتعلق بجودة البيانات، ودقة الصور، ودقة الخرائط، ومعايير التشغيل البيني لضمان التناسق بين مختلف المشاريع.
- **سياسات الحد من المخاطر**: تنفيذ تدابير وقائية لحماية المستخدمين وأصحاب المصلحة والبيئة من المخاطر المحتملة المرتبطة بجمع البيانات الجيومكانية، ومعالجتها، ونشرها أو استخدامها عبر الخدمات والمنتجات والتطبيقات.

4.4 أدوار أصحاب المصلحة في التنفيذ والإشراف

تم تحديد أدوار الهيئة، وفرق المشاريع، والجهات المحلية في إدارة البيئة التجريبية الجيومكانية وفقًا للإطار الوطني لحوكمة البيانات الجيومكانية. وستُخصص أدوار ومسؤوليات واضحة لضمان التعاون الفعال، وتشمل ما يلي:

- **الهيئة**: العمل كجهة تنظيمية رئيسية، تقدم الإشراف، والدعم الفني، والإرشاد التنظيمي.
- **فرق المشاريع**: تصميم وتنفيذ المشاريع، بما يشمل المتخصصين التقنيين، ومحللي البيانات، ومديري المشاريع.
- **الجهات المحلية**: تقديم الدعم اللوجستي، وتسهيل الوصول إلى المواقع والبيانات، وتطبيق اللوائح ذات الصلة وفقًا لتأثير التقنيات والحلول الناتجة عن البيئة التجريبية.
- **شركاء القطاع الخاص**: تقديم الحلول التقنية والخبرات المتخصصة.
- **المؤسسات الأكاديمية والبحثية**: دعم البحث والتطوير، والتحقق من الابتكار، وتطوير الكفاءات.
- **أصحاب المصلحة من المجتمع**: تقديم الملاحظات والرؤى لضمان توافق المشاريع مع الاحتياجات الواقعية.

4.5 التعاون مع النظام البيئي الأوسع

ستعمل البيئة التجريبية الجيومكانية على التفاعل النشط مع نظام بيئي أوسع للاستفادة من الخبرات والموارد المشتركة، وذلك من خلال:

- **الشراكات بين القطاعين العام والخاص**: بناء تكامل وتعاون فعّال بين الجهات الحكومية والشركات الخاصة.
- **التعاون الأكاديمي**: الشراكة مع الجامعات والمؤسسات البحثية لدعم البحث والتطوير وتنمية المواهب.
- **المقارنة المعيارية الدولية**: الاستفادة من أفضل الممارسات والمعايير العالمية لضمان توافق البيئة التجريبية مع أحدث التطورات الدولية.

4.6 آليات المتابعة والتقارير

ستتضمن البيئة التجريبية الجيومكانية أنظمة متابعة وتقارير قوية لتتبع التقدم المحرز، وتشمل ما يلي:

- **لوحات أداء مدعومة بالذكاء الاصطناعي**: توفر رؤى لحظية حول مؤشرات الإنجاز ونتائج المشاريع.
- **التقارير المنتظمة وتقييم الأثر**:
  - تقييمات دورية متوافقة مع مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة في المملكة.
  - ضمان الشفافية والمساءلة من خلال تحديثات دورية تُقدَّم لأصحاب المصلحة.
  - تقارير تحليل المخاطر للمشاريع الجيومكانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، لضمان الوضوح والمساءلة.
- **حلقة تغذية راجعة**: دمج ملاحظات أصحاب المصلحة في المشاريع الجارية لتحسين العمليات والنتائج بشكل مستمر.

5 تصميم وتنفيذ المشاريع

5.1 وضع المفهوم وتحديد الأهداف

سيبدأ العمل في البيئة التجريبية الجيومكانية بتحديد واضح لأهداف كل مشروع، مع ضمان توافقها مع الأهداف العامة للبيئة التجريبية، واستراتيجية الهيئة، والنظام البيئي الجيومكاني الوطني. ويجب أن تلتزم مشاريع البيئة التجريبية بشكل صارم بالإرشادات الحكومية المعتمدة لتخطيط وتنفيذ المشاريع الجيومكانية. وتشمل هذه المرحلة ما يلي:

- **تحديد التحديات**: فهم التحديات الجيومكانية المحددة في المملكة العربية السعودية.
- **تحديد الأهداف**: وضع أهداف قابلة للقياس لكل مشروع، مثل تحسين دقة الخرائط، أو تعزيز قدرات التنقل، أو زيادة إمكانية الوصول إلى البيانات.
- **إشراك أصحاب المصلحة**: التشاور مع الجهات المحلية والشركات والمجتمع لضمان أن الأهداف تعالج احتياجات واقعية.

5.2 مبادئ التصميم وإطار العمل للمشاريع

ستتبع المشاريع ضمن البيئة التجريبية الجيومكانية مجموعة من مبادئ التصميم لضمان الاتساق والابتكار وقابلية التوسع، وتشمل ما يلي:

- **تصميم يركز على المستخدم**: إعطاء الأولوية لاحتياجات المستخدمين النهائيين، بما في ذلك السكان، والشركات، والجهات الحكومية.
- **قابلية التوسع**: ضمان إمكانية توسيع الحلول لتشمل مناطق أخرى في المملكة.
- **قابلية التشغيل البيني**: تصميم أنظمة يمكنها التكامل مع المنصات والأدوات الجيومكانية الحالية.
- **الاستدامة**: دمج الممارسات البيئية المستدامة وضمان استمرارية المشاريع على المدى الطويل ضمن عملية التصميم.

5.3 اختبار وتحقق من النتائج

ستتضمن البيئة التجريبية الجيومكانية عملية شاملة لاختبار وتحقق نتائج المشاريع لضمان نجاحها، وتشمل ما يلي:

- **تقييم الأداء**: استخدام مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) محددة مسبقاً لتقييم مدى كفاءة الوظائف وفعالية الحلول واعتماديتها.
- **تقييم المخاطر**: تحديد المخاطر المحتملة والتعامل معها، بما في ذلك ما يتعلق بدقة البيانات، وتجربة المستخدم، وأداء النظام.
- **دمج الملاحظات**: جمع آراء وملاحظات أصحاب المصلحة خلال مرحلة الاختبار ودمج التحسينات المطلوبة في الحلول النهائية.

5.4 التوثيق والتقارير

خلال عملية التنفيذ، ستُحافظ المشاريع على سجلات تفصيلية لضمان الشفافية وإمكانية تكرار التجربة، وتشمل ما يلي:

- **توثيق المشروع**: سجلات شاملة تتضمن المنهجيات المتبعة، وسير العمل، والنتائج المحققة.
- **تقارير التقدم**: تحديثات منتظمة تُقدَّم إلى الهيئة وأصحاب المصلحة حول الإنجازات المرحلية، والتحديات، والتعديلات التي تم إجراؤها.
- **التقرير النهائي للمشروع**: ملخص لإنجازات المشروع، والدروس المستفادة، والتوصيات المتعلقة بالمبادرات المستقبلية.

5.5 إشراك أصحاب المصلحة

سيكون إشراك أصحاب المصلحة المعنيين جزءاً أساسياً من عملية التنفيذ، ويشمل ذلك:

- **ورش العمل والمشاورات**: التعاون مع الجهات الحكومية، والشركات الخاصة، وأفراد المجتمع لضمان مواءمة المشاريع مع الاحتياجات الواقعية.
- **التواصل مع الجهات الحكومية**: يجب على المشاركين في البيئة التجريبية اتباع "دليل إنشاء وتشغيل وحدات المعلومات الجيومكانية في الجهات الحكومية" [4] في الأنشطة المخططة التي تتضمن التعاون مع الجهات الرسمية.
- **التوعية المجتمعية**: مشاركة أهداف المشروع وتقدمه مع المجتمع الأوسع لتعزيز الوعي وكسب الدعم.

5.6 التوسع ونقل المعرفة

عند الانتهاء بنجاح من تنفيذ المشاريع، سيتم العمل على توسيع نطاقها ومشاركتها كمرجع للمبادرات المستقبلية، ويشمل ذلك:

- **خطة التوسع**: وضع استراتيجيات لتوسيع نطاق المشروع ليشمل مناطق أخرى في المملكة.
- **مشاركة المعرفة**: نشر الأدلة الإرشادية، والمنهجيات، ودراسات الحالة لتكون بمثابة موارد داعمة لمشاريع جيومكانية أخرى.

6 خارطة طريق البيئة التجريبية الجيومكانية

تتبع خارطة طريق البيئة التجريبية الجيومكانية نهجاً منظماً متعدد المراحل لضمان أن المشاريع الجيومكانية يتم تصميمها والتحقق منها وتنفيذها بشكل استراتيجي، بما يتماشى مع الاستراتيجية الوطنية للبيانات الجيومكانية في المملكة العربية السعودية [8]، والأطر التنظيمية، ومؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI).

6.1 المرحلة الأولى: التقييم الأولي (١-٢ شهر)

الهدف: تقديم طلبات المشاريع، وتقييم المتطلبات، ومراجعة البنية التحتية الجيومكانية الحالية، ودراسة الجدوى العامة لإنشاء البيئة التجريبية الجيومكانية. وتُختتم هذه المرحلة برسالة قبول أو رفض للمشروع.

تقييم جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI - المرحلة الأولى)

- تقييم مدى توافق كل مشروع مع معايير التقنيات الناشئة ونماذج النضج الجيومكاني.
- تحديد مستوى التبني (تقنية في مراحلها المبكرة مقابل تقنية قابلة للنشر) ومدى ملاءمتها للسوق السعودي.

جمع المتطلبات وتحليل الفجوات

- إجراء مقابلات مفصلة مع أصحاب المصلحة لتحديد التحديات الجيومكانية الحالية (مثل توفر البيانات، والقيود التنظيمية، والإمكانيات المحلية).
- إعداد جرد لمصادر البيانات الحالية (صور الأقمار الصناعية، خرائط المساحة العقارية، المسوحات الهيدروغرافية) والمشاريع الجارية لتحديد المجالات التي يمكن أن تضيف فيها البيئة التجريبية قيمة مضافة.
- مراجعة اللوائح المحلية (مثل تصاريح الطيران للطائرات بدون طيار، وقوانين خصوصية البيانات) التي تؤثر على جمع البيانات الجيومكانية.

دراسة الجدوى

- تحليل المواقع أو المرافق المحتملة لتشغيل البيئة التجريبية (مثل مراكز البيانات الحالية مقابل إنشاء منشأة مخصصة).
- استكشاف الشراكات مع جهات حكومية وخاصة لتقاسم التكاليف والدعم التكنولوجي.

إشراك أصحاب المصلحة بشكل أولي

- تشكيل مجموعة عمل أولية تحت إشراف الهيئة لتنسيق الملاحظات مع الجهات الحكومية، والشركات التكنولوجية الخاصة، والمجتمعات المحلية.
- تلخيص احتياجات وأولويات أصحاب المصلحة في تقرير "التقييم الأولي".

المخرجات الرئيسية

- وثيقة تقييم الاحتياجات وتحليل الفجوات.
- تقرير المشاركة الأولية لأصحاب المصلحة.
- دراسة جدوى على مستوى عالٍ.

6.2 المرحلة الثانية: التخطيط (١-٢ شهر)

الهدف: إعداد مخطط تفصيلي للبيئة التجريبية الجيومكانية يشمل الحوكمة، والجداول الزمنية، وتوزيع الموارد.

تقييم جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI - المرحلة الثانية: التوافق الاستراتيجي)

- التأكد من توافق التقنيات المختارة مع أولويات الابتكار الجيومكاني في المملكة.
- تقييم كيفية تكامل المشاريع المقترحة مع المنصات الوطنية للبيانات الجيومكانية.
- نموذج الحوكمة والإطار التنظيمي
- تشكيل لجنة توجيهية برئاسة الهيئة للإشراف على استراتيجية البيئة التجريبية واتخاذ القرارات.
- تحديد الأدوار والمسؤوليات للفرق التقنية، وإدارة البيانات، والامتثال التنظيمي، والاتصال المؤسسي.

التخطيط التقني

- اختيار التقنيات المناسبة (مثل الطائرات بدون طيار، مستشعرات LiDAR، معدات المسح البحري، أدوات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي) استنادًا إلى تحليل الفجوات في المرحلة الأولى.
- وضع تصور للبنى التحتية للبيانات، بما في ذلك البنية التحتية السحابية، ومتطلبات التخزين، وتدابير الأمان لحماية البيانات الجيومكانية.

التوافق التنظيمي

- التنسيق مع الجهات المختصة للحصول على التصاريح اللازمة (مثل المسح الجوي والبحري، وحماية البيانات الشخصية).
- إعداد "خطة الامتثال التنظيمي" لضمان التزام أنشطة البيئة التجريبية بالمعايير الوطنية.

تعبئة الموارد

- إعداد ميزانية تفصيلية تشمل النفقات الرأسمالية (مثل المستشعرات والأجهزة الحاسوبية) والتكاليف التشغيلية المستمرة (مثل تراخيص البرمجيات والموظفين).
- تحديد مصادر التمويل المحتملة، بما في ذلك المخصصات الحكومية، ومساهمات القطاع الخاص، والمنح البحثية.

المخرجات الرئيسية

- ميثاق الحوكمة والمخطط التنظيمي.
- وثيقة المواصفات التقنية.
- خطة الامتثال التنظيمي.
- خطة مفصلة للميزانية وتعبئة الموارد.

6.3 المرحلة الثالثة: تطوير المشاريع التجريبية (٣-٦ أشهر)

الهدف: تطوير نماذج أولية أو مشاريع إثبات المفهوم ضمن البيئة التجريبية الجيومكانية الجديدة.

اختيار المشاريع التجريبية

- استخدام مخرجات المرحلتين الأولى والثانية لاختيار مشروعين إلى ثلاثة مشاريع تجريبية (مثل: تطبيق ملاحة متقدم، تصوير بانورامي للتخطيط الحضري، أو مسح هيدروغرافي لإدارة السواحل).
- اختيار المشاريع ذات الأثر العالي بناءً على تقييم الجاهزية في مؤشر ETRI [6،7]، وإمكانات تكاملها مع البيانات الجيومكانية.
- التأكد من أن كل مشروع تجريبي يتماشى مع أولويات الهيئة ويعالج تحديات محلية واضحة.

تصميم وتنفيذ المشاريع التجريبية

- تشكيل فرق متعددة التخصصات تشمل محللين جيومكانيين، وعلماء بيانات، ومطوري برمجيات، وخبراء سياسات لتنفيذ كل مشروع.
- تطوير نماذج أولية أو حلول تجريبية توضح قدرات البيئة التجريبية، مثل لوحات خرائط تفاعلية لحظية أو أدوات تحليل بيانات مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

الاختبار الداخلي

- التحقق من صحة المشاريع التجريبية في بيئة خاضعة للرقابة، لضمان دقة البيانات والامتثال للمعايير المعتمدة.
- جمع الملاحظات الداخلية من فريق عمل البيئة التجريبية وتعديل نطاق المشاريع حسب الحاجة.

المخرجات الرئيسية

- ميثاق المشاريع التجريبية (الأهداف الفنية، الجداول الزمنية، النتائج المتوقعة).
- النماذج الأولية أو حلول إثبات المفهوم.
- تقارير الاختبار والتحقق الداخلي.

6.4 المرحلة الرابعة: الاختبار والتحقق (٣-٦ أشهر)

الهدف: الانتقال من التجارب الداخلية إلى اختبار صارم للمشاريع التجريبية في ظروف تشغيلية حقيقية أو شبه حقيقية.

تقييم الأداء استنادًا إلى مؤشر (ETRI - المرحلة الثالثة)

سيتم تقييم كل مشروع تجريبي بناءً على مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) المستمدة من منهجية مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI)[6،7] ، وتشمل:

- البحث: مستوى الابتكار الجيومكاني، ومدى الجدوى، والتوافق مع اتجاهات الصناعة.
- الاتصال: فعالية تبادل البيانات، والتشغيل البيني للنظم، والتعاون عبر القطاعات.
- الأدلة: توافر مجموعات بيانات جيومكانية موثقة، ودقة نماذج الذكاء الاصطناعي، ونتائج الاختبار.
- التكامل: الجاهزية للنشر الكامل، وقابلية التوسع، وسلاسة التبني ضمن النظام الجيومكاني الوطني في المملكة.

تقييم الأداء وتتبع مؤشرات الأداء (KPIs)

- تقييم كل مشروع تجريبي مقابل مؤشرات الأداء المحددة في القسم ٧ (مثل دقة المواقع، وسلامة البيانات).
- تنفيذ اختبارات تجربة المستخدم إذا كان المشروع موجهًا للجمهور (مثل أداة ملاحة).

تقييم المخاطر واستراتيجيات التخفيف

- تحديد المشكلات غير المتوقعة، مثل الثغرات في أمان البيانات، أو تحديات التشغيل البيني، أو ضعف تقبل المستخدمين.
- تعديل نهج تنفيذ المشروع مثل: تحديث وحدات البرمجيات، إعادة ضبط الأجهزة، أو تحسين واجهة الاستخدام.

مشاركة أصحاب المصلحة وتقديم الملاحظات

- تنظيم ورش عمل مع الجهات الحكومية، والشركات الخاصة، والمستخدمين النهائيين.
- جمع ملاحظاتهم حول مدى واقعية المشاريع، وقابليتها للتوسع، وكفاءتها من حيث التكلفة.

المخرجات الرئيسية

- تقارير التحقق النهائية، بما في ذلك لوحات مؤشرات الأداء (KPI dashboards).
- سجل محدث للمخاطر واستراتيجيات التخفيف.
- ملخصات ملاحظات أصحاب المصلحة.

6.5 المرحلة الخامسة: النشر والخروج (١-٢ شهر)

الهدف: إطلاق المشاريع التي اجتازت مرحلة الاختبار بالكامل ضمن بيئة البيئة التجريبية، ووضع مسار واضح لنقل المعرفة، أو تسليم المشروع، أو توسيعه مستقبلاً.

النشر داخل البيئة التجريبية

- تفعيل المشاريع التجريبية رسميًا، ومنح أصحاب المصلحة المعنيين حق الوصول الموسع إليها.
- مراقبة مؤشرات الاستخدام وحمل النظام لضمان الأداء المستمر.

الانتقال والتسليم

- في حال توجيه المشروع إلى جهة حكومية محددة، أو مشغل خاص، أو مجموعة مجتمعية، يتم توفير وثائق شاملة، ودورات تدريبية، وإجراءات تشغيل قياسية (SOPs).
- توضيح حقوق ملكية البيانات، وتراخيص البرمجيات، وحقوق الملكية الفكرية.

مراجعة المشروع والدروس المستفادة

- إجراء مراجعات بعد تنفيذ المشروع لتوثيق أفضل الممارسات والتحديات.
- نشر الوثائق النهائية ودراسات الحالة في مستودع البيئة التجريبية، بما يتماشى مع القسم ٩ الخاص بالتوثيق.

التوسع والخطوات التالية

- تحديد الفرص لتكرار أو توسيع المشاريع التجريبية الناجحة إلى مناطق جديدة أو مجالات مختلفة.
- تحسين إطار عمل البيئة التجريبية استنادًا إلى التغذية الراجعة، استعدادًا للمراحل المستقبلية من الابتكار.

المخرجات الرئيسية

- مشاريع تجريبية منشورة وقيد التشغيل ضمن البيئة التجريبية.
- وثائق التسليم وأدلة التدريب.
- تقارير نهائية ومراجعة ما بعد المشروع.
- خارطة طريق للتوسع المستقبلي.

7 خطة إدارة البيئة التجريبية الجيومكانية

تماشيًا مع خارطة طريق البيئة التجريبية الجيومكانية، تضمن خطة الإدارة المستمرة هيكلًا إداريًا فعالًا يحقق الحوكمة الرشيدة، والكفاءة التشغيلية، والابتكار المستمر. تُرسي هذه الخطة أسس إشراف واضح، وتخصيص منظم للموارد، وبروتوكولات أمان متقدمة، مع دمج آليات تتبع الأداء وتقييم التقنيات الناشئة.

7.1 الحوكمة والإشراف

تتوافق حوكمة البيئة التجريبية الجيومكانية مع الإطار الوطني لحوكمة البيانات الجيومكانية [3]، وتُدار من خلال هيكل تنظيمي واضح يضمن التنسيق والتنفيذ الفعّال.

١. اللجنة التوجيهية

- تتكون من قيادات الهيئة وممثلين عن جهات حكومية أخرى لتوفير التوجيه الاستراتيجي.
- تقدم التوجيهات العليا فيما يتعلق بمواءمة السياسات، والامتثال التنظيمي، وتكامل الاستراتيجية الجيومكانية الوطنية [8].
- تقيّم جاهزية التقنيات الناشئة بناءً على مؤشرات (ETRI)[6،7] ، وتُصادق على المبادرات الرئيسية ضمن البيئة التجريبية.
- تعقد اجتماعات دورية لمراجعة الأداء، والموافقة على النفقات الكبرى، وضمان اتساق أنشطة البيئة التجريبية مع استراتيجية الهيئة الوطنية.

٢. مكتب إدارة المشاريع (PMO)

- يتولى الإشراف اليومي على عمليات البيئة التجريبية.
- يضع ويطبّق إجراءات التشغيل القياسية (SOPs) لجمع البيانات ومعالجتها وضمان الجودة.
- يتابع مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) المشار إليها في القسم 9، ويرفع تقارير دورية إلى اللجنة التوجيهية.

٣. مجموعات العمل الفنية

- فرق متخصصة في مجالات مثل: رسم الخرائط، الاستشعار عن بُعد، المسح البحري، تحليلات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، الأمن السيبراني، والبنية التحتية السحابية.
- تتولى مسؤولية تنفيذ المشاريع التجريبية، والتحقق الفني، وضمان الالتزام بالمعايير الفنية، ومعالجة المشكلات التشغيلية.

المخرجات الرئيسية:

- ميثاق الحوكمة (يُحدّث سنويًا).
- مراجعات أداء دورية تتضمن تتبع مؤشرات الجاهزية وفق ETRI.
- لوحات مؤشرات الأداء (KPI Dashboards) المجمعة، وتحديثات تقييم المخاطر.

7.2 العمليات التشغيلية

١. إدارة البيانات والأمن السيبراني

- تخضع جميع مجموعات البيانات لفحوصات ضمان الجودة للتأكد من توافقها مع الإطار المعتمد.
- تطبيق بروتوكولات الأمن السيبراني تشمل التشفير، وضوابط الوصول، وأنظمة كشف التسلل.

٢. تخصيص الموارد

- يقوم مكتب إدارة المشاريع (PMO) بموازنة احتياجات الموارد بين المشاريع التجريبية المختلفة (مثل الطائرات بدون طيار، ووقت الموظفين، وقدرة الحوسبة).
- يتم تعيين "قادة تقنيين" لكل مشروع تجريبي لضمان المساءلة وتحقيق الأهداف المرحلية في الوقت المحدد.

٣. إدارة المخاطر المستمرة

- الحفاظ على سجل حيّ للمخاطر يتم تحديثه بانتظام ليشمل التهديدات المحتملة (مثل العجز في الميزانية، أو اختراقات البيانات، أو تغييرات تنظيمية).
- دمج مراقبة المخاطر في الاجتماعات التشغيلية الأسبوعية أو الشهرية.

٤. إشراك أصحاب المصلحة

- تنظيم ورش عمل دورية مع الشركاء من القطاع الخاص، والمؤسسات الأكاديمية، والمجتمعات المحلية لجمع الملاحظات، وتبادل المعرفة، وتحديث أهداف البيئة التجريبية باستمرار.

7.3 الموارد البشرية والقدرات

١. محللو البيانات الجيومكانية

- مسؤولون عن تحليل البيانات الجيومكانية (مثل صور الأقمار الصناعية، والتصوير البانورامي، وبيانات القياسات الأعماقية).
- المؤهلات النموذجية: درجة الماجستير في الجيوماتكس أو الجغرافيا أو مجال ذي صلة، إلى جانب تدريب متخصص على البرامج (مثل منصات نظم المعلومات الجغرافية وأدوات الاستشعار عن بُعد).

٢. علماء البيانات / متخصصو الذكاء الاصطناعي

- يركزون على التحليلات المتقدمة، مثل التعلم الآلي لاستخلاص المعالم أو النمذجة التنبؤية.
- يتعاونون مع محللي البيانات الجيومكانية لدمج خوارزميات الذكاء الاصطناعي ضمن سير العمل في معالجة البيانات.

٣. مسؤولو البنية التحتية لتقنية المعلومات والسحابة

- يديرون بيئات الخوادم وتخزين البيانات وبروتوكولات الأمن السيبراني.

- يضمنون الالتزام بمتطلبات الاستضافة داخل المملكة والقوانين الوطنية لحوكمة البيانات.

٤. مدراء المشاريع / المنسقون

- يشرفون على الجداول الزمنية والميزانيات والمخرجات الخاصة بكل مشروع تجريبي.
- يمثلون نقطة الاتصال الرئيسية مع اللجنة التوجيهية والشركاء الخارجيين.

٥. موظفو الدعم

- يتولون المهام الإدارية، والمشتريات، وتنظيم الورش، وإدارة الوثائق.

ملاحظة: يتوسع أو يتقلص حجم كل فريق حسب نطاق المشروع التجريبي ومستوى نضج البيئة التجريبية بشكل عام.

7.4 الميزانية: التكاليف التأسيسية والتشغيلية

يعرض هذا القسم نظرة شاملة على التكاليف التأسيسية (CapEx) والتشغيلية المستمرة (OpEx) الخاصة بالبيئة التجريبية الجيومكانية:

١. النفقات الرأسمالية (CapEx)

أ. **المعدات:**
- أساطيل الطائرات بدون طيار، وأجهزة الاستشعار LiDAR، وأنظمة التصوير البانورامي، وأجهزة المسح البحري.
- النطاق التقديري للسنة الأولى (حسب عدد المشاريع ومواقع التنفيذ).

ب. **إعداد البنية التحتية:**
- تأمين أو إنشاء مساحات عمل مخصصة (بما في ذلك غرف الخوادم)، وشراء معدات الشبكات والاتصالات.
- النطاق التقديري للسنة الأولى.

٢. النفقات التشغيلية (OpEx)

أ. **الموارد البشرية:**
- رواتب لـ 10–20 موظفًا متخصصًا (محللو بيانات جيومكانية، خبراء ذكاء اصطناعي، مدراء مشاريع، وغيرهم).
- النطاق التقديري السنوي.

ب. **البرمجيات والخدمات السحابية:**
- تراخيص نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، أطر عمل الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، رسوم المعالجة السحابية، وحلول أمن البيانات.
- النطاق التقديري السنوي.

ج. **الصيانة والدعم:**
- صيانة دورية للطائرات والمعدات المساحية، بالإضافة إلى برامج التدريب المستمر للكوادر.
- النطاق التقديري السنوي.

٣. الاحتياطي وقابلية التوسع

- يُوصى بتخصيص 10–15٪ من الميزانية السنوية كاحتياطي لمواجهة التكاليف غير المتوقعة (مثل توسع المشاريع التجريبية أو إدخال تقنيات جديدة).
- تخصيص نسبة 5–10٪ من الميزانية السنوية للبحث والتطوير (R&D) لدفع عجلة الابتكار وضمان مواكبة البيئة التجريبية لأحدث التطورات في التقنيات الجيومكانية.

8 الإرشادات الرئيسية للمشاريع الجيومكانية

تلتزم البيئة التجريبية الجيومكانية بضمان أن يتم تصميم وتنفيذ جميع المشاريع الجيومكانية بما يتماشى مع أفضل الممارسات العالمية والوطنية، مع التركيز على التقنيات الناشئة وقابلية التوسع.

يستعرض هذا القسم المبادئ والإرشادات الأساسية التي تضمن نجاح تنفيذ المشاريع الجيومكانية، وتوافقها مع جاهزية التقنيات الناشئة وأولويات المملكة الجيومكانية الوطنية

8.1 التوافق مع مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة(ETRI)

ستعتمد البيئة التجريبية الجيومكانية بشكل وثيق على توصيات مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI) [6،7]، لضمان توافق كل مشروع جيومكاني مع التوجهات التكنولوجية العالمية ومستوى الجاهزية الوطني في المملكة. وسيتم دمج العوامل الرئيسية من منهجية ETRI ضمن مراحل التصميم والاختبار والتنفيذ للمشاريع.

أ. تقييم جاهزية التكنولوجيا:

- سيتم تقييم المشاريع بناءً على مستوى جاهزيتها، بما يشمل قدرتها على التبني، وقابليتها للتوسع، وإمكانات تكاملها مع الأطر الجيومكانية الوطنية القائمة.
- سيتم تتبع مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لقياس نضج التقنيات الناشئة مثل تحليلات البيانات الجيومكانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي وتطبيقات التوأم الرقمي.

ب. الأثر على البنية التحتية الوطنية للبيانات الجيومكانية (NGDI):

- ستُقيّم المشاريع وفقًا لمساهمتها في تعزيز وتطوير البنية التحتية الوطنية للبيانات الجيومكانية في المملكة.
- سيتم التركيز على ضمان التشغيل البيني مع الأنظمة الجيومكانية الوطنية الحالية.

ج. خارطة طريق لتبني التكنولوجيا:

- يجب أن يتماشى كل مشروع مع خارطة طريق منظمة لدمج التقنيات الناشئة، بما يضمن انتقالها السلس من مرحلة التجريب إلى النشر الواسع.

د. تقييم قابلية التوسع:

- ستخضع جميع المشاريع لتقييم حول مدى قابليتها للتوسع، مع الأخذ في الاعتبار متطلبات معالجة البيانات، والبنية التحتية السحابية، والامتثال التنظيمي.

8.2 جمع البيانات الجيومكانية واكتسابها

تتبع البيئة التجريبية الجيومكانية معايير موحدة لجمع البيانات لضمان الجودة والاتساق عبر جميع أنواع المشاريع، وتشمل الإرشادات ما يلي:

- **تطبيق منهجيات موحدة** لجمع البيانات الجيومكانية من الجو، والبر، والبحر لضمان جودة متجانسة ودقيقة.

- **ضمان الحصول على صور عالية الدقة وبيانات مكانية دقيقة** باستخدام منصات جمع متنوعة مثل الأقمار الصناعية، والطائرات بدون طيار، والمسوح الأرضية، وأجهزة الاستشعار البحرية.
- **الاعتماد على الأتمتة المدعومة بالذكاء الاصطناعي** وأجهزة الاستشعار المتصلة بإنترنت الأشياء (IoT) لجمع البيانات في الوقت الفعلي.
- **تطبيق أفضل الممارسات لدمج مجموعات البيانات الجيومكانية من مصادر متعددة** بهدف تحسين الدقة وتغطية المناطق المختلفة.
- **التخزين وسهولة الوصول**: استخدام منصات سحابية داخل المملكة لتخزين الصور والبيانات الجيومكانية، مما يسهّل مشاركتها ودمجها مع أنظمة أخرى.

8.3 معالجة البيانات الجيومكانية وضمان الجودة

تركز البيئة التجريبية الجيومكانية على تطبيق إجراءات دقيقة لضمان جودة البيانات، وتشمل الإرشادات ما يلي:

- تطبيق تقنيات تحقق صارمة لضمان دقة واكتمال وموثوقية البيانات الجيومكانية المُجمعة.
- توحيد صيغ البيانات الجيومكانية وأنظمة التصنيف لتعزيز قابلية التشغيل البيني بين المنصات والأنظمة المختلفة.
- الالتزام بالمعايير الوطنية والدولية لجودة البيانات الجيومكانية، كما هو موضح في المعايير الوطنية للبيانات الجيومكانية [1].

8.4 إدارة البيانات الجيومكانية وتكاملها

تهدف البيئة التجريبية الجيومكانية إلى إدارة وتكامل البيانات بكفاءة عالية، بما يضمن التنظيم والاتساق وقابلية التوسع، من خلال ما يلي:

- **تطوير قواعد بيانات جغرافية منظمة** لتخزين وإدارة مجموعات البيانات الكبيرة والمعقدة.
- **ضمان تكامل سلس لمختلف أنواع البيانات** (مثل الصور النقطية، والبيانات الخطية، والنماذج ثلاثية الأبعاد، والسُحب النقطية) داخل منصات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).
- **اتباع إرشادات الحوكمة الوطنية** بشأن أطر تكامل البيانات، كما ورد في المعايير الوطنية للبيانات الجيومكانية [1]، لضمان التناسق بين مشاريع البيئة التجريبية.
- **وضع سياسات واضحة لحوكمة البيانات** تنظم الملكية، وضوابط الوصول، وآليات المشاركة، مع الالتزام بالمعايير الدولية للخرائط الجيومكانية والإطار التنظيمي المعتمد من GEOSA. ويجب أن تكون هذه السياسات متماشية مع أنشطة الاقتصاد الجيومكاني في المرحلة الأولى، وقابلة للتوسع في المراحل اللاحقة.
- **الاستفادة من البنية التحتية السحابية** لتخزين البيانات الجيومكانية بمرونة ودعم التحليلات اللحظية على نطاق واسع.
- **التخزين وسهولة الوصول**: استخدام منصات سحابية داخل المملكة لتخزين الصور والبيانات الجيومكانية لتسهيل الوصول والمشاركة والدمج مع الأنظمة الأخرى.
- **التوافق مع ملف التعريف الوطني للبيانات الوصفية (الميتاداتا)**: يجب أن تتوافق جميع مجموعات بيانات البيئة التجريبية مع الملف الوطني للميتاداتا [5].

8.5 تصميم تطبيقات ملاحة قابلة للتوسع وموثوقة

تهدف البيئة التجريبية الجيومكانية إلى دعم تطوير تطبيقات ملاحة ذكية وعالية الكفاءة من خلال الالتزام بالإرشادات التالية:

- **تجربة المستخدم (UX):** التركيز على واجهات استخدام بديهية، واستجابة لحظية، ودعم متعدد اللغات لضمان شمولية الوصول.
- **خوارزميات التوجيه:** تطوير خوارزميات محسّنة تعتمد على أقصر المسارات، وحالة حركة المرور، وتفضيلات المستخدمين.
- **التكامل مع البيانات المحلية:** دمج المعالم المحلية، وتفاصيل البنية التحتية، والاعتبارات الثقافية لزيادة دقة وملاءمة التوجيه.
- **العمل دون اتصال:** تصميم وظائف تتيح استخدام التطبيق في وضع عدم الاتصال، لضمان استمرارية الأداء في المناطق ذات الاتصال المحدود.
- **الاختبار والتحقق:** إجراء اختبارات صارمة لتطبيقات الملاحة في ظروف متنوعة، بما في ذلك الازدحام الحضري والمناطق الريفية، لضمان الكفاءة والموثوقية.

8.6 رسم الخرائط، التصوير البصري، وتطوير التوأم الرقمي

تعزز البيئة التجريبية الجيومكانية قدرات التحليل واتخاذ القرار من خلال تطوير حلول خرائطية متقدمة وتقنيات عرض تفاعلية، وفق الإرشادات التالية:

- **إنتاج خرائط كارتوغرافية متقدمة**، تشمل الخرائط الطبوغرافية، الموضوعية، والبحرية لتلبية احتياجات متعددة القطاعات.
- **استخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد وتقنية التوأم الرقمي** لدعم التحليل المكاني واتخاذ القرار المستند إلى الواقع الافتراضي.
- **اعتماد أدوات الواقع المعزز (AR) والواقع الافتراضي (VR)** لاستكشاف البيانات الجيومكانية بشكل تفاعلي وغني بالمعلومات.
- **تنفيذ حلول رسم خرائط ديناميكية** يتم تحديثها في الوقت الفعلي بالاعتماد على بيانات أجهزة الاستشعار الحية، لضمان دقة المعلومات وحداثتها.

8.7 التكيف مع السياق الجغرافي والعمراني المحلي

تحرص البيئة التجريبية الجيومكانية على أن تكون المشاريع متوافقة مع الخصائص المحلية للمملكة العربية السعودية من خلال ما يلي:

- **الحساسية الثقافية**: ضمان أن تحترم الحلول الجيومكانية القيم الثقافية والدينية السائدة في المملكة.
- **الانسجام مع التنمية العمرانية**: التنسيق مع الجهات المعنية بالتخطيط العمراني لضمان توافق المشاريع مع خطط تطوير البنية التحتية الجارية.

- **الاعتبارات البيئية:** تقليل الأثر البيئي خلال مراحل جمع ومعالجة البيانات، واعتماد تدابير تعزز الاستدامة في جميع الأنشطة.

8.8 ضمان خصوصية البيانات وأمنها

تلتزم البيئة التجريبية الجيومكانية بحماية خصوصية الأفراد والبيانات الجغرافية من خلال تنفيذ سياسات ومعايير أمنية صارمة، تشمل ما يلي:

- **إخفاء الهوية (Data Anonymization):** حماية خصوصية المستخدمين والمجتمعات عبر إزالة أو تشفير البيانات الحساسة أثناء جمعها ومعالجتها.
- **الامتثال للوائح التنظيمية:**
  - تطبيق سياسات تشفير البيانات، وإجراءات إخفاء الهوية، وضوابط الوصول بما يتماشى مع السياسات الوطنية للبيانات الجيومكانية [2].
  - الالتزام بقوانين حماية البيانات في المملكة العربية السعودية، بما يضمن التخزين الآمن، والمشاركة المنظمة، والاستخدام المسؤول للبيانات الجيومكانية.
- **بروتوكولات الأمان:** تنفيذ تدابير متقدمة في التشفير والأمن السيبراني لحماية البيانات من الوصول غير المصرح به أو التهديدات الإلكترونية.

8.9 التوثيق وتبادل المعرفة

تسعى البيئة التجريبية الجيومكانية إلى ترسيخ ثقافة التعلم المستمر والتطوير المؤسسي من خلال ما يلي:

- **تقارير المشاريع:** الحفاظ على توثيق مفصل يشمل المنهجيات، والتحديات، والحلول المطبقة في كل مشروع، لضمان الشفافية وإمكانية تكرار التجربة.
- **دراسات حالة:** نشر الدروس المستفادة والرؤى العملية لتكون مرجعًا داعمًا للمشاريع الجيومكانية المستقبلية.
- **برامج التدريب وورش العمل:** تنظيم دورات تدريبية وجلسات معرفية لأصحاب المصلحة بهدف مشاركة الخبرات وتعزيز القدرات المحلية.

9 مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) لنجاح المشاريع

ستعتمد البيئة التجريبية الجيومكانية على مجموعة من مؤشرات الأداء الرئيسية لقياس نجاح مشاريعها وضمان توافقها مع جاهزية التقنيات الناشئة وأولويات المملكة الجيومكانية الوطنية. تركّز هذه المؤشرات على الأداء الفني، ورضا المستخدم، وقابلية التوسع، وتقييم الأثر، مع دمج عوامل التقييم من مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI) للحصول على تقييم شامل.

9.1 مؤشرات الأداء العامة للحاضنة الجيومكانية

- **معدل إتمام المشاريع:** النسبة المئوية للمشاريع التي تم تنفيذها بنجاح ضمن الإطار الزمني والميزانية المحددين.
- **رضا أصحاب المصلحة:** مستوى التغذية الراجعة الإيجابية من الجهات المشاركة، بما في ذلك الجهات الحكومية، والشركات الخاصة، والمستخدمين النهائيين.
- **قابلية التوسع:** عدد المشاريع التي تم تكرارها أو تطبيقها في مناطق أخرى ضمن أولويات المرحلة الأولى أو في مجالات الاقتصاد الجيومكاني الأوسع.
- **نقل المعرفة:** جودة وعدد دراسات الحالة، والإرشادات، والدورات التدريبية المنشورة الناتجة عن مشاريع البيئة التجريبية.

9.2 مؤشرات الأداء لجمع البيانات ودقتها

- **الدقة المكانية (Positional Accuracy):** قياس دقة البيانات الجيومكانية مقارنة بالواقع الأرضي (مثل: دقة على مستوى السنتيمتر في أعمال المسح الأرضي).
- **اكتمال البيانات:** النسبة المئوية من المناطق المستهدفة التي تم تغطيتها بنجاح من خلال عمليات جمع البيانات الجوية أو الأرضية أو البحرية.
- **كفاءة جمع البيانات في الوقت الفعلي:** سرعة وتكرار تحديثات البيانات الفورية من أجهزة الاستشعار المتصلة بإنترنت الأشياء (IoT) وأنظمة الاستشعار عن بُعد.
- **كفاءة معالجة البيانات باستخدام الذكاء الاصطناعي:** تقليل الزمن اللازم لمعالجة البيانات بفضل الأتمتة والتحليلات المدعومة بالذكاء الاصطناعي.
- **معايير البيانات الوصفية (Metadata):** يجب أن تتوافق جميع مجموعات البيانات الناتجة عن البيئة التجريبية مع المعيار الوطني للميتاداتا [5].

9.3 مؤشرات الأداء لجودة البيانات الجيومكانية ومعالجتها

- **سلامة البيانات واتساقها:** نسبة مجموعات البيانات التي تفي بمعايير الجودة المحددة مسبقًا من حيث الدقة والتنسيق والتكامل.
- **معدل الخطأ في الاستخلاص التلقائي للمعالم:** مدى دقة نماذج الذكاء الاصطناعي في الكشف والتصنيف ورسم المعالم الجيومكانية (مثل الطرق، المباني، المعالم الطبيعية).
- **تكرار تحديث البيانات:** مدى حداثة مجموعات البيانات الجيومكانية وتحديثها في الوقت المناسب لتعكس التغيرات في البنية التحتية أو البيئة أو التوسع العمراني.
- **كفاءة المعالجة:** متوسط الزمن المطلوب لتحويل البيانات الجيومكانية الخام إلى منتج نهائي مُتحقق من صحته وجاهز للاستخدام.

9.4 مؤشرات الأداء لرسم الخرائط، التصوير البصري، وتطوير التوأم الرقمي

- **دقة النماذج ثلاثية الأبعاد:** مدى تمثيل التوأم الرقمي والنماذج ثلاثية الأبعاد للواقع بدقة، خاصةً فيما يتعلق بالبنية التحتية والمباني.
- **تفاصيل الخرائط وتكامل الطبقات:** عدد وجودة الطبقات الجيومكانية المتكاملة (مثل شبكات النقل، الطبوغرافيا، الهيدروغرافيا) ضمن منتجات الخرائط.
- **معدلات استخدام لوحات العرض الجيومكانية:** مستوى تفاعل المستخدمين واعتمادهم لأدوات التصوير البصري واللوحات التفاعلية.
- **فعالية أدوات التصور عبر الواقع المعزز/الافتراضي (AR/VR):** مدى قدرة تقنيات العرض الغامرة على تعزيز الفهم المكاني ودعم اتخاذ القرار.

9.5 مؤشرات الأداء للأثر الأوسع

- **الأثر الاقتصادي:** مساهمة المشاريع الجيومكانية في النمو الاقتصادي المحلي، مثل خلق فرص عمل جديدة أو جذب استثمارات إضافية في قطاع التقنيات الجيومكانية.
- **الأثر البيئي:** تقليل استهلاك الموارد أو الحد من التأثير البيئي أثناء مراحل جمع البيانات وتنفيذ المشاريع، من خلال اعتماد ممارسات مستدامة وتقنيات صديقة للبيئة.

9.6 مؤشرات الأداء للمتابعة وإعداد التقارير

- **الامتثال في إعداد التقارير:** نسبة المشاريع التي تلتزم بتقديم التقارير الدورية وفق الجداول الزمنية المتفق عليها.
- **جودة البيانات:** نسبة مجموعات البيانات المُنتَجة ضمن البيئة التجريبية التي تفي بمعايير الجودة المحددة مسبقًا.
- **معالجة الأخطاء:** عدد وتكرار الإجراءات التصحيحية المُتخذة أثناء تنفيذ المشاريع، ومدى فعاليتها في الحد من الأخطاء وتحسين النتائج

9.7 عوامل التقييم بناءً على مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI)

لضمان توافق مشاريع البيئة التجريبية الجيومكانية مع مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة، سيتم اعتماد مؤشرات أداء إضافية تقيس مدى جاهزية المشاريع عبر العوامل الأساسية التالية:

9.7.1 القدرات البحثية

- **تقييم الاستثمار في البحث والتطوير:** تتبع التمويل والموارد والجهود الموجهة نحو الابتكار في تقنيات الذكاء الاصطناعي الجيومكانية، ودمج البيانات في الوقت الفعلي، والحلول المدعومة بإنترنت الأشياء (IoT).
- **قياس الابتكار:** مقارنة التقدم التكنولوجي مع الاتجاهات العالمية في الحلول الجيومكانية الناشئة.

9.7.2 الاتصال والتشغيل البيني

- **معدل نجاح التكامل:** نسبة المشاريع التي نجحت في التكامل مع الأنظمة الوطنية للبيانات الجيومكانية ومع منصات نظم المعلومات الجغرافية العالمية.

- **كفاءة مشاركة البيانات:** سرعة وفعالية تبادل البيانات بين الجهات الحكومية والخاصة والأكاديمية.

9.7.3 المعايير والقياس

- **درجة توحيد البيانات:** مدى توحيد صيغ البيانات الجيومكانية، ومخرجات نماذج الذكاء الاصطناعي، وسير العمل في المعالجة لضمان جودة متسقة عبر مشاريع البيئة التجريبية.
- **الامتثال لعمليات التحقق والاختبار:** نسبة المشاريع التي اجتازت بنجاح بروتوكولات الاختبار المعتمدة على مؤشر ETRI، مما يضمن جاهزيتها للتبني على المستوى الوطني.

9.7.4 التكامل وقابلية التوسع

- **مؤشر قابلية التوسع للمشاريع:** قياس مدى قدرة حلول البيئة التجريبية على التوسع في مناطق ومجالات جيومكانية مختلفة، بما يضمن التكيف مع السياقات الحضرية والريفية والبيئية.
- **تصنيف نضج التكنولوجيا:** مستويات الجاهزية وفق مؤشر ETRI لمشاريع البيئة التجريبية بناءً على التجارب الواقعية والتقييمات التجريبية

10 الدروس المستفادة وأفضل الممارسات

تهدف البيئة التجريبية الجيومكانية إلى استخلاص رؤى قيّمة وتوثيق أفضل الممارسات من كل مشروع يتم تنفيذه، لتكون أساسًا لمبادرات جيو مكانية مستقبلية أكثر فاعلية واستدامة.

10.1 التحديات والحلول

التحديات التقنية:

- **الدرس:** جمع بيانات غير مكتملة أو غير متسقة يؤدي إلى تأخيرات وأخطاء.
  - **أفضل ممارسة:** توحيد بروتوكولات جمع البيانات واستخدام أدوات متقدمة مثل الطائرات بدون طيار، وLiDAR، وأجهزة الاستشعار الذكية لضمان الجودة والدقة.
- **الدرس:** المعالجة الفورية لكميات ضخمة من البيانات تمثل تحديًا كبيرًا.
  - **أفضل ممارسة:** الاستفادة من الحوسبة السحابية وتقنيات المعالجة المتوازية لتحسين الكفاءة.

التحديات التنظيمية:

- **الدرس:** صعوبة الالتزام بقوانين خصوصية البيانات قد تؤدي إلى تأخر تنفيذ المشاريع.
  - **أفضل ممارسة:** إشراك الجهات التنظيمية منذ البداية لمواءمة أهداف المشروع مع الأنظمة المحلية وضمان الامتثال طوال دورة حياة المشروع.

تحديات التعاون:

- **الدرس:** ضعف التنسيق بين أصحاب المصلحة يؤدي إلى تباين الأهداف.
  - **أفضل ممارسة:** تحديد الأدوار والمسؤوليات وقنوات الاتصال بشكل واضح منذ بداية المشروع.

10.2 أبرز الدروس من البيئة التجريبية

- **التكيف مع السياق المحلي:** أثبتت المشاريع في المملكة أهمية مواءمة الحلول الجيومكانية مع العوامل الحضرية والثقافية والجغرافية المحلية.
- **إشراك أصحاب المصلحة:** ساهم إشراك السلطات المحلية والمجتمعات في وقت مبكر في تعزيز قبول المشروع وزيادة فائدته.
- **التوسع التدريجي:** بدء المشاريع على نطاق صغير سمح بإدارة المخاطر وتعديل العمليات قبل الانتقال إلى مراحل أوسع.
- **التعاون متعدد التخصصات:** دمج خبرات محللي البيانات الجيومكانية مع علماء البيانات والمخططين الحضريين عزز جودة المخرجات وملاءمتها.

10.3 أفضل الممارسات لجمع البيانات الجيومكانية

- **توحيد جودة البيانات:** تحديد معايير دقيقة للدقة والتغطية والاتساق لجميع أنواع البيانات (جوية، أرضية، بحرية).
- **جمع البيانات عبر منصات متعددة:** استخدام الطائرات بدون طيار، والأقمار الصناعية، وأنظمة المسح المتنقلة، وأجهزة الاستشعار الذكية.

- **الدمج مع تقنيات التصوير المتقدمة:** مثل LiDAR، والتصوير متعدد الطيف، وفائق الطيف للحصول على بيانات أكثر دقة وقدرات تحليل أوسع.

10.4 أفضل الممارسات لمعالجة البيانات وإدارتها

- **تنقيح البيانات والتحقق منها تلقائيًا:** استخدام الذكاء الاصطناعي لاكتشاف الأخطاء وتصحيحها وتعزيز الدقة.
- **دمج البيانات متعددة الطبقات:** لابتكار نماذج مكانية شاملة وديناميكية.
- **تحديث البيانات بشكل دوري:** لعكس التغيرات البيئية والبنية التحتية والبيانات المكانية المتغيرة.

10.5 أفضل الممارسات للتحليلات الجيومكانية ودعم اتخاذ القرار

- **تطبيقات تركز على المستخدم:** تصميم منصات بواجهات بديهية، وتفاعل لحظي، وأدوات عرض قابلة للتخصيص.
- **التحليلات التنبؤية ودمج الذكاء الاصطناعي:** لاستخدام التعلّم الآلي في التنبؤ بالمخاطر، وتحليل الاتجاهات، والتخطيط الحضري.
- **قابلية التوسع والتكيف:** ضمان مرونة الحلول الجيومكانية وقدرتها على التوسع والدمج مع تقنيات مستقبلية.

10.6 توصيات للمشاريع الجيومكانية المستقبلية

تحديد المخاطر مبكرًا:

- تطوير إطار تقييم شامل للمخاطر في بداية كل مشروع، يشمل عوامل تقييم مؤشر ETRI.
- تقييم سلامة البيانات، ومخاطر الأمن السيبراني، وتحديات التشغيل البيني خلال مرحلة التخطيط.

تبادل المعرفة:

- توثيق ومشاركة المنهجيات، والنجاحات، والتحديات في مستودع معرفي يشمل تقييمات الجاهزية وملاحظات المشاريع التجريبية.
- مشاركة أفضل الممارسات في قابلية التوسع والتكامل لضمان تبني الحلول على نطاق واسع.

الاستدامة:

- إدراج ممارسات صديقة للبيئة مثل تقليل التأثير أثناء جمع البيانات وتحسين كفاءة الطاقة في المعالجة.

معايير التشغيل البيني (Interoperability):

- ضمان التزام الحلول الجيومكانية بالمعايير العالمية، وتكاملها السلس مع الأنظمة الوطنية مثل البنية الوطنية للبيانات الجيومكانية (NGDI).
- مواءمة تطوير التكنولوجيا مع عوامل التكامل ضمن مؤشر ETRI لضمان قابلية الحلول للتوسع وإعادة الاستخدام عبر مناطق أو مجالات أخرى.

10.7 الرؤية طويلة المدى

تحسين أطر المشاريع من أجل التوسع:

- الاستفادة من الدروس المستخلصة من البيئة التجريبية الجيومكانية لتطوير أطر المشاريع، بما يضمن قابلية التوسع للحلول الجيومكانية وتكامل التقنيات الناشئة وفق تقييم مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI)[6،7].
- توسيع مفهوم البيئة التجريبية إلى مناطق أخرى داخل المملكة، مع التركيز على التكيف الإقليمي لأدوات الذكاء الاصطناعي، ومعايير حوكمة البيانات، وحلول البنية التحتية السحابية لضمان تطبيق وطني سلس.

تعزيز ثقافة الابتكار:

- تشجيع الجهات الحكومية والخاصة على تبني أفضل الممارسات والتقنيات الجيومكانية الناشئة المطورة ضمن البيئة التجريبية.
- تعزيز الاعتماد على تقنيات الذكاء الجيومكاني المدعوم بالذكاء الاصطناعي، ونمذجة التوأم الرقمي، وأساليب المعالجة المستدامة للبيانات ضمن النظام الجيومكاني في المملكة.
- دعم الابتكار المستمر من خلال تخصيص الموارد لتقنيات الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء (IoT)، والمنصات السحابية، والأتمتة في سير عمل البيانات الجيومكانية.

تعزيز التعاون الدولي:

- مواءمة منهجيات البيئة التجريبية مع المعايير العالمية للبيانات الجيومكانية، وضمان إجراء تقييمات وفق مؤشر ETRI لتحقيق قابلية التشغيل البيني الدولية.
- تعزيز الشراكات الدولية عبر مشاركة منهجيات البيئة التجريبية، ومعايير البيانات، ونتائج المشاريع، لتعزيز التعاون العالمي في مجالات مثل المدن الذكية، والتنقل الذاتي، والمراقبة البيئية.
- المشاركة في المنتديات الجيومكانية الدولية وجهود البحث والتطوير التعاونية، لدمج التقدم العالمي في تحليلات البيانات الجيومكانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية.

11 التوثيق

يُعد التوثيق الشامل عنصرًا أساسيًا في مبادرة البيئة التجريبية الجيومكانية، حيث يعزز الشفافية، ويسهّل نقل المعرفة، ويوفر أساسًا لتكرار وتوسيع المشاريع الجيومكانية في أنحاء المملكة وخارجها. كما يُسهم في تمكين وتوطين التقنيات الجيومكانية، وجذب الاستثمارات، وفتح آفاق أوسع للبحث والابتكار، وتعزيز المعرفة والقدرات الوطنية في هذا المجال.

11.1 أهمية التوثيق

- **مشاركة المعرفة:** توثيق المنهجيات والعمليات والنتائج يُنتج قاعدة معرفية تُوجّه المشاريع الجيومكانية المستقبلية.
- **الشفافية:** حفظ السجلات التفصيلية يضمن المساءلة ويوفر مسار تدقيق واضح لأصحاب المصلحة.
- **إمكانية التكرار:** العمليات الموثقة جيدًا تتيح لفرق أخرى أو لمناطق مختلفة تكرار المشاريع الناجحة وتكييفها بما يتماشى مع احتياجاتها المحلية.

11.2 أنواع التوثيق

- **وثائق تخطيط المشاريع:**
  - ميثاق المشروع، يوضح الأهداف والنطاق والمخرجات المتوقعة.
  - خطط توزيع الموارد، بما في ذلك الميزانيات وتركيبة الفرق.
- **سجلات التنفيذ:**
  - سير العمل التفصيلي وخطوات التنفيذ خطوة بخطوة.
  - سجل الأدوات والتقنيات والمعدات المستخدمة داخل البيئة التجريبية.
- **المواصفات الفنية:**
  - مخططات أنظمة التصوير البانورامي، وأطر الخرائط عالية الدقة، وهياكل تطبيقات الملاحة.
  - الخوارزميات ومعايير البرمجة المستخدمة في الحلول الجيومكانية.
- **تقارير الأداء:**
  - تقارير دورية تقيس التقدم مقابل مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs)، والمراحل الأساسية، والأهداف المحددة مسبقًا.
  - تحليل نتائج المشاريع، مع تسليط الضوء على النجاحات ومجالات التحسين.
- **مستندات التنظيم والامتثال:**
  - إثبات الامتثال للقوانين المحلية، وإرشادات الهيئة، والمعايير الجيومكانية الدولية.
  - سجلات خصوصية البيانات، وبروتوكولات الأمان، وإجراءات تقليل المخاطر.

11.3 عمليات التوثيق

- **القوالب الموحدة:**
  - استخدام نماذج معتمدة مسبقًا لضمان الاتساق بين مختلف المشاريع (مثل خطط المشاريع، التقارير، الأدلة الفنية).
- **التحديثات المنتظمة:**
  - الاحتفاظ بالسجلات وتحديثها في الوقت الفعلي لضمان الدقة والملاءمة.

- جدولة مراجعات دورية لتحديث الوثائق حسب تطور مراحل المشروع.

- **إدارة الإصدارات:**
  - تطبيق أنظمة لإدارة الإصدارات لتتبع التعديلات والحفاظ على سلامة الوثائق على المدى الطويل.

11.4 توثيق مخصص لأصحاب المصلحة

- **للفرق الداخلية:**
  - أدلة فنية تفصيلية وكتيبات إجراءات لفريق التنفيذ.
- **للجهات التنظيمية:**
  - تقارير شاملة تُظهر الالتزام بمعايير GEOSA والمتطلبات القانونية.
- **للعامة وأصحاب المصلحة الخارجيين:**
  - دراسات حالة موجزة، قصص نجاح، وإنفوجرافيك توضح تأثير المشاريع وإمكانية توسيع نطاقها.

11.5 التوثيق من أجل نقل المعرفة

- **دراسات الحالة:**
  - إعداد دراسات حالة تفصيلية توثق المنهجيات، الأدوات، التحديات، والنتائج الخاصة بمشاريع البيئة التجريبية.
- **أدلة أفضل الممارسات:**
  - نشر أدلة مستخلصة من تجارب البيئة التجريبية لتكون مرجعًا للمشاريع المستقبلية.
- **مواد التدريب:**
  - إعداد مواد تدريبية تشمل فيديوهات، دروسًا تعليمية، وكتيبات إرشادية لتثقيف الفرق وأصحاب المصلحة.
- **ورش العمل والندوات:**
  - تنظيم فعاليات معرفية لعرض الرؤى الرئيسية والدروس المستفادة من مشاريع البيئة التجريبية.

11.6 الأرشفة وسهولة الوصول

- **مستودع رقمي:**
  - إنشاء بوابة إلكترونية تحتوي على جميع وثائق البيئة التجريبية الجيومكانية، مع سهولة الوصول للمستخدمين المعنيين.
- **سياسة الوصول المفتوح:**
  - توفير الوصول المفتوح للوثائق غير الحساسة لدعم التعاون والابتكار في قطاع البيانات الجيومكانية.

12 الخاتمة

تمثل مبادرة البيئة التجريبية الجيومكانية خطوة تحوّلية في مسيرة تطوير التقنيات الجيومكانية في المملكة العربية السعودية، حيث تُرسّخ مكانة المملكة كمركز عالمي للابتكار والتميّز التكنولوجي. من خلال توفير بيئة ديناميكية ومنظمة، تتيح البيئة التجريبية تصميم واختبار وتنفيذ مشاريع جيو مكانية متقدمة، بما يعزز الإبداع والتعاون والنمو التقني. كما تُعد محفزًا لتوطين التقنيات، وتعزيز القدرات الوطنية، وتوسيع فرص البحث والاستثمار والنمو الاقتصادي في قطاع الجيومكانية.

12.1 تمكين المملكة كقائد إقليمي في الابتكار الجيومكاني

من خلال البيئة التجريبية الجيومكانية، تُعزز المملكة موقعها كقوة وطنية وإقليمية في مجال الابتكار الجيومكاني. تستفيد البيئة التجريبية من الموقع الجغرافي المتميز للمملكة، والأهمية الثقافية، والبنية التحتية المتطورة لتطوير حلول جيو مكانية رائدة. هذه الابتكارات لا تلبّي الاحتياجات المحلية فحسب، بل تُشكّل معيارًا تحتذي به باقي المناطق داخل المملكة. كما أن التوافق مع مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة يضمن مواءمة التقنيات العالمية مع الواقع المحلي، مع مراعاة قابلية التوسع والتكامل الإقليمي.

12.2 المساهمة في استراتيجية الهيئة

تتوافق البيئة التجريبية الجيومكانية بالكامل مع استراتيجية الهيئة، وتُسهم بشكل كبير في نمو النظام البيئي الجيومكاني الوطني والتحول الرقمي. من خلال دعم التنويع الاقتصادي وتطوير المدن الذكية، تُعد البيئة التجريبية عنصرًا تمكينيًا رئيسيًا في تعزيز التقنيات الجيومكانية لخدمة التخطيط الحضري، والتنقل، والاستدامة البيئية. وتُسهم البيئة التجريبية في جذب الشراكات من القطاعين العام والخاص، مما يعزز مرونة النظام البيئي الجيومكاني وقدرته على التكيّف والنمو المستقبلي.

12.3 تمكين تبادل المعرفة والنمو

من أبرز مخرجات البيئة التجريبية الجيومكانية إنشاء قاعدة معرفية متكاملة تُوثّق الدروس المستفادة، وأفضل الممارسات، والمنهجيات القابلة للتكرار من المشاريع المنفذة. ستمثل هذه القاعدة مرجعًا شاملًا للمبادرات الجيومكانية المستقبلية، مما يضمن قابلية توسيع الحلول الناجحة وإلهام تطوير مشاريع مماثلة داخل المملكة وعلى المستوى الدولي. وكجزء من هذا التوجّه، سيستمر الاعتماد على مؤشر جاهزية التقنيات الناشئة (ETRI) كأساس لتقييم نضج المشاريع المستقبلية وإمكانات توسعها.

12.4 دعوة للتعاون

يعتمد نجاح البيئة التجريبية الجيومكانية بشكل كبير على تعاون جميع أصحاب المصلحة، بما في ذلك الجهات الحكومية، والقطاع الخاص، والمؤسسات الأكاديمية، والمجتمع المحلي. من خلال العمل الجماعي، يمكن تجاوز التحديات، وتبادل الخبرات، والاستفادة القصوى من الإمكانات التي تقدمها التقنيات الجيومكانية. وسيساهم الاندماج الفعّال للتقنيات الناشئة والمشاركة النشطة في إنجاح توسّع المشاريع، بما يضمن أن تستفيد جميع القطاعات من الابتكار الجيومكاني.

12.5 رؤية نحو المستقبل

ليست البيئة التجريبية الجيومكانية مجرد بيئة لتطوير مشاريع فردية، بل هي إطار مستدام للابتكار والتحول الرقمي. ومن خلال التحسين المستمر للعمليات، ودمج التقنيات الناشئة، وتوسيع نطاق الحلول الناجحة، ستضمن البيئة التجريبية أن تتبوأ المملكة العربية السعودية مكانة ريادية عالميًا في مجال التقنيات الجيومكانية. ومع استمرار التقييم القائم على مؤشر ETRI، ستشمل الرؤية المستقبلية تعميم المشاريع التجريبية الناجحة على المستوى الوطني، ودمج حلول الجيومكانية من الجيل القادم، لترسيخ مكانة المملكة كقوة دولية في الابتكار الجيومكاني.

13 المراجع

[1] "معايير البيانات الجيومكانية الوطنية", 2025, url: https://www.geoportal.sa/Geoportal/pdf/%D9%85%D8%B9%D8%A7%D9%8A%D9%8A%D8%B1%20%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA%20%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%8A%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D9%88%D8%B7%D9%86%D9%8A%D8%A9.pdf

[2] "سياسات البيانات الجيومكانية الوطنية", 2025, url: https://www.geoportal.sa/Geoportal/pdf/%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%B3%D8%A7%D8%AA%20%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA%20%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%8A%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D9%88%D8%B7%D9%86%D9%8A%D8%A9.pdf

[3] "إطار حوكمة البيانات الجيومكانية الوطنية", url: https://www.geoportal.sa/Geoportal/pdf/%D8%A5%D8%B7%D8%A7%D8%B1%20%D8%AD%D9%88%D9%83%D9%85%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA%20%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%8A%D8%A9%20%D8%A7%D9%84%D9%88%D8%B7%D9%86%D9%8A%D8%A9.pdf

[4] "دليل تأسيس وتشغيل وحدة المعلومات الجيومكانية بالجهات الحكومية", url: https://www.geoportal.sa/Geoportal/Geospatial-Governance

[5] "KSA National Geospatial Metadata Profile", GEOSA, url: https://www.geoportal.sa/Geoportal/pdf/%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%85%D9%88%D8%B0%D8%AC%20%D8%A7%D9%84%D9%88%D8%B5%D9%81%D9%8A%20%D9%84%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A7%D9%86%D8%A7%D8%AA%20%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%8A%D8%A9.pdf

[6] "جاهزية تبني التقنيات الناشئة في الجهات الحكومية", 70 pages, 2025, KSA.

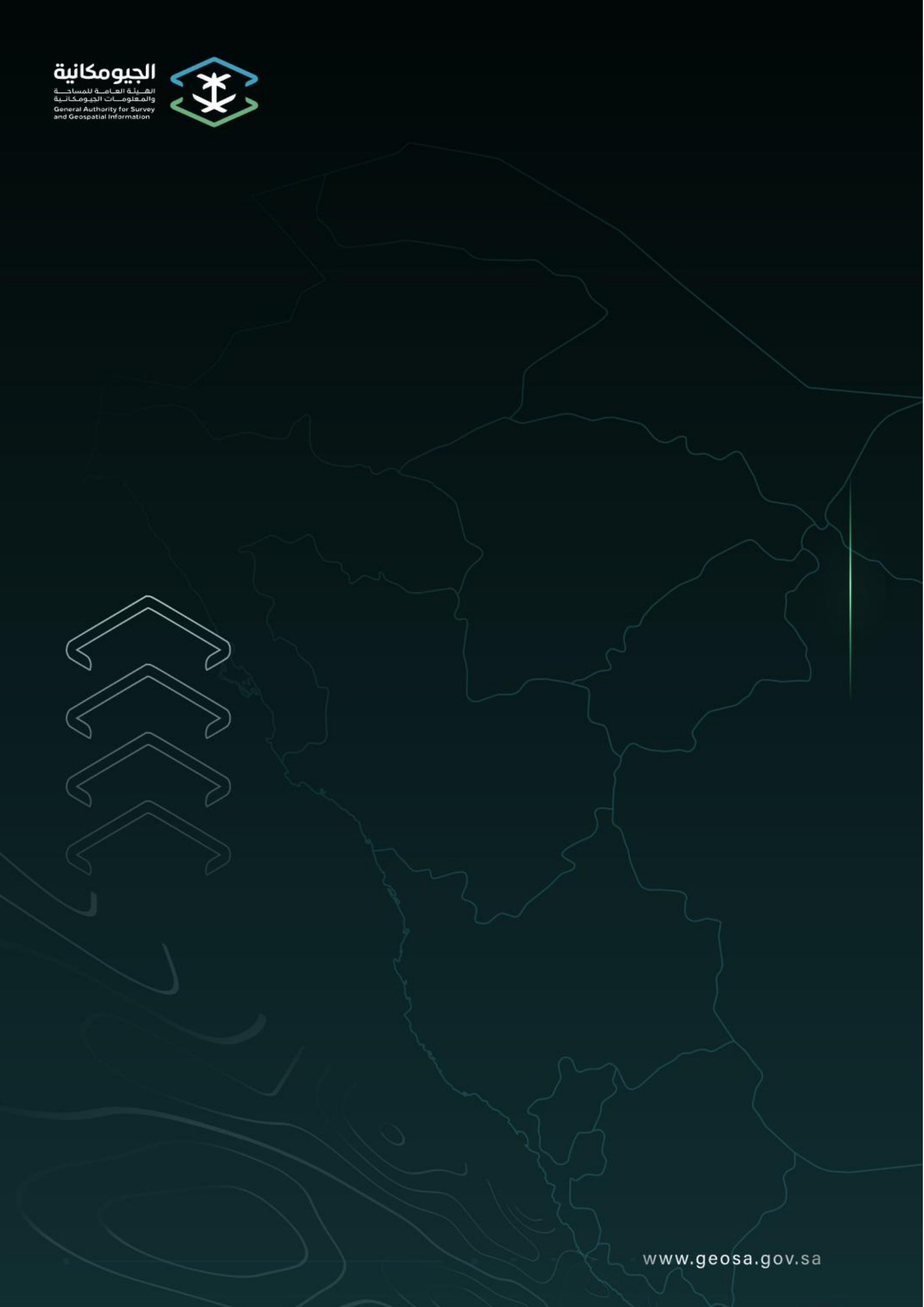
[7] "جاهزية تبني التقنيات الناشئة - التقرير التفصيلي للهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية", 37 pages, 2025, KSA.

[8] "الاستراتيجية الجيومكانية الوطنية", url: https://saudipedia.com/article/14541/%D8%AD%D9%83%D9%88%D9%85%D

8%A9-
%D9%88%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%B3%D8%A9/%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%83%D9%88%D9%85%D8%A9-
%D8%A7%D9%84%D8%B1%D9%82%D9%85%D9%8A%D8%A9/%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%AA%D9%8A%D8%AC%D9%8A%D8%A9-
%D8%A7%D9%84%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%85%D9%83%D8%A7%D9%86%D9%8A%D8%A9-
%D8%A7%D9%84%D9%88%D8%B7%D9%86%D9%8A%D8%A9

Versioning Table

Version	Date
1.0	Jan-2025
1.1	Feb-2025
1.2	Feb-2025
1.3	Feb-2025
1.4	Feb-2025
1.5	Mar-2025
1.6	Mar-2025
1.7	Mar-2025
1.8	Mar-2025


الجيومكانية
الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية
General Authority for Survey and Geospatial Information
www.geosa.gov.sa