نحو توطين تكنولوجيا الفضاء في جمهورية مصر العربية

أ.د. محمد فهمي طلبة*

المقدمة

تعتبر تكنولوجيا الفضاء والإستخدام السلمي المتنامي لتطبيقات تكنولوجيا الفضاء الركيزة الأساسية للعديد من خطط التنمية المستدامة، والتى تتضمن تنمية إقتصادية وأجتماعية بالإضافة إلى تطبيقات الحفاظ على البيئة.

إن الصورة العامة لإنجازات مجال تكنولوجيا الفضاء فى القمر الصناعى الأول مصرسات-١ تشير بالقطع إلى ان هذا الاستثمار العلمى والتقنى كان واحد من انجح الاستثمارات وأكثرها عائداً وأن البحث العلمى فى مجال تكنولوجيا الفضاء لم يكن أبداً مجردا منفصلاً عن ظروف المجتمع، كما أن الإنفاق العلمى الكبير فى اى دولة يتطلب دعما سياسيا من الجماهير ومن ممثليها والمعبرين عن آرائها وبينما يمكن أن توجه دولة

* أستاذ بكلية الحاسبات والمعلومات – جامعة عين شمس، وعضو مجلس بحوث الفضاء والاستشعار عن بعد (أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا).

كبيرة بعض مواردها لهدف تقنى أو هندسى كبير لفترة محدودة، فإنه تأتى لحظة لابد ان يقدم فيها تقييم عن الإنجازات التى تحققت أو التى يتوقع لها ان تتحقق ليستمر هذا الدعم.

تمثل تكنولوجيا الفضاء نقطة تحول مهمة في مسيرة التطور، وذلك باعتبارها من الدوافع الجديدة لتنويع التنمية الإقتصادية فى البلاد. وتتوجه رؤيتنا في هذا التقرير إلى إطلاق مشاريع برمجيات فضائية حديثة تساعد في تنمية البحوث ودعم الدراسات الفضائية على مختلف التوجهات المحلية والإقليمية والدولية، ومنح الكوادر البحثية مزيداً من الفرص الطموحة للتعلم والعمل.

يمكن لتكنولوجيا الفضاء أن تساهم في تنمية الإقتصاد الوطني على المستوى الاقليمى حيث تمتلك مصر الكوادر المميزة ذات القدرة العالية على التعامل مع تقدم هذه التكنولوجيات والعمل بها فى قطاع الفضاء، وزيادة الوعي بأهمية تكنولوجيا الفضاء، وتعزيز القدرات الوطنية والترويج للإستخدام السلمي لأبحاث الفضاء.

يتكون الاستشعار من بُعد عبر الأقمار الاصطناعية على عدة أجهزة استشعار موجودة على الأقمار حيث تجمع معلومات حول جسم أو ظاهرة على سطح الأرض دون أن تكون على اتصال مباشر مع الجسم أو هذه الظاهرة، مقارنة بالمنصات المحمولة جواً أو على الأرض. وتعتبر المنصات المحمولة جواً هي الناقل الأكثر استقراراً، ويمكن تصنيف الأقمار الاصطناعية حسب حركتها المدارية وتوقيتها حيث تُستخدم عدة أنواع من المدارات في الأقمار، مثل المدارات الثابتة بالنسبة للأرض والمدارات المتزامنة مع الشمس وفي إطار أن للأقمار الثابتة بالنسبة للأرض فترة دوران مساوية لتلك الخاصة بالأرض (٢٤ ساعة) لذلك يبقى القمر دائماً على نفس الموقع وغالباً ما تستخدم أقمار الاتصالات والطقس مدارات مستقرة بالنسبة إلى الأرض مع وجود العديد منها على خط الاستواء.

في المدار الإستوائي يدور القمر حول الأرض عند ميل منخفض. أما فى حالة الأقمار المتزامنة مع الشمس فلها مدارات ذات زوايا ميل عالية، تمر تقريباً فوق القطبين. يتم توقيت المدارات بحيث يمر القمر دائماً فوق خط الاستواء في نفس الوقت المحلي من الشمس. بهذه الطريقة، تحتفظ هذه الأقمار بنفس الموقف النسبي مع الشمس لجميع مداراتها. إن العديد من أقمار الاستشعار من بعد تكون من النوعيه المتزامنه مع الشمس بما يضمن ظروف إضاءة الشمس القابلة للتكرار خلال مواسم محددة لأن المدار المتزامن مع الشمس لا يمر مباشرة على القطبين، فإنه ليس من الممكن دائماً الحصول على بيانات للمناطق القطبية المتطرفة ويعتمد التردد الذي يستطيع فيه مستشعر القمر من الحصول على بيانات الأرض بالكامل على المستشعر والخصائص المدارية.

علوم وتكنولوجيا الفضاء

تعتبر علوم الفضاء مجموعة من العلوم والتطبيقات التكنولوجية التي تستخدم في إطلاق مركبات الفضاء من الأرض والتحكم في مسارها والإتصال بها ومتابعتها حتى تؤدي المهام المعينة المستهدفة من إطلاقها. وتعتمد علوم الفضاء على مجموعة من العلوم الأساسية مثل الفيزياء والكيمياء والهندسة والميكانيكا وعلوم الحاسب وبعض العلوم البينية مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والتعلم العميق (Deep Learning) والبيانات الضخمة (Big Data) وأمن البيانات هذا بالإضافة إلى العديد من العلوم البينية الأخرى.

وتعتبر أهم التحديات التي تواجه إطلاق الأقمار هو حساب المسارات والمدارات للمركبات الفضائية وتصميم وتصنيع القاذفات العملاقة التي تحمل هذه المركبات إلى مداراتها، هذا بالإضافة إلى التوجيه والتحكم الآلي والإتصال بين مركبة الفضاء والأرض.

وجدير بالذكر أن إجمالي الأقمار التي تم إطلاقها حتى عام ٢٠١٩ هو ٨٩٠٠ قمر من ٤٠ دولة بين هؤلاء يوجد حوالي ١٩٠٠ قمراً عاملاً والباقي أصبح حطاماً فضائياً، والأقمار العاملة منها ٦٥% على إرتفاع منخفض ويوضح الجدول رقم (١) تصنيف الأقمار من حيث الكتلة.

جدول (١) : تصنيف الأقمار من حيث الكتلة.

فئة القمر	الكتلة (كجم)
Large	> 1000
Small	500 – 1000
Mini	100 – 500
Micro	10 – 100
Nano	<10

ويمكن تصنيف بعض الأقمار في إطار الأهداف التي تم إطلاق القمر من أجلها فيمايلي:

١) الأقمار:

- **أقمار رصد الأرض:** تستخدم هذه الأقمار من أجل توفير البيانات اللازمة في قرارات مكانية، وزمانية، وطيفية متنوعة. وتستخدم البيانات المأخوذة من هذه الأقمار في العديد من التطبيقات اتى تشمل الزراعة، والموارد المائية، والتخطيط والتنقيب عن المعادن، والبيئة، والغابات، وإدارة الكوارث وغيرها.
- **أقمار الإتصالات:** تقوم بنقل إشارات الإتصالات من خلال أجهزة الارسال والاستقبال، حيث يعمل قمر إتصالات بمثابة قناة إتصال بين المرسل والمستقبل، كما تستخدم هذه الأقمار لأغراض التطبيقات الإذاعية والتليفزيونية.
- **الأقمار الحيوية:** مصممة لنقل الحياة إلى الفضاء، وقد أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا أول الأقمار الحيوية وكانت تحمل هذه الأقمار كائنات حية.
- **الأقمار العسكرية:** تساعد الأقمار العسكرية في متابعة الإتصالات المشفرة ومراقبة تحركات العدو والإنذار المبكر بإطلاق الصواريخ وتستخدم تلسكوبات كبيرة لإلتقاط صور للمناطق العسكرية المتعددة.
- **الأقمار الفلكية:** تستخدم لرصد الكواكب والمجرات البعيدة والأجسام الفضائية ويطلق عليها التلسكوبات الفضائية.

- **أقمار الطقس:** تساعد في التعرف على الأرصاد الجوية والتنبؤ بالطقس، كما تحتوى هذه الأقمار بشكل عام على الكاميرات التي يمكنها تقديم صور لطقس الأرض.

أما بالنسبة للأقمار المصرية التي تم إطلاقها فيمكن تلخيصها فيما يلي:

مصر سات -١:

- هو أول قمر مصري والذي تم بناؤه بالاشتراك مع الهيئة الوطنية المصرية للاستشعار من بعد وعلوم الفضاء مع مكتب للتصميم في أوكرانيا.
- بلغ وزن القمر ٢٧٠ كجم والمدار على إرتفاع ٧٠٠ كم.
- تبلغ دقة القمر مصر سات-١ (٨م) في أوضاع متعددة الألوان ومتعددة الأطياف.
- تم إطلاق القمر مصر سات-١ بنجاح على متن صاروخ كجزء من حمولة متعددة الأقمار في ١٧ أبريل ٢٠٠٧ من بايكونور.
- فقد الاتصال بالقمر في ١٩ يوليو ٢٠١٠ بسبب فقدان إشارات التواصل والتحكم.

مصر سات-٢:

- هو ثاني قمر مصري حيث تم بناء القمر بالاشتراك مع الهيئة الوطنية المصرية للاستشعار من بعد وعلوم الفضاء مع إحدى الشركات الروسية.
- تبلغ دقة القمر مصر سات-٢ واحد متر وهو حساس لألوان الضوء.
- تم إطلاق القمر مصر سات-٢ في أبريل ٢٠١٤ في مدار على بعد ٧٢٠ كم.
- تسبب فشل مزدوج في نظام التحكم في فقدان القمر في أبريل ٢٠١٥ بعد عام واحد فقط في المدار.

هذا بالإضافة إلى عدد من الأقمار لأهداف أخرى متنوعة.

٢) المستشعرات:

يمكن تجميع أنظمة الاستشعار من بُعد بشكل أساسي في نوعين: المستشعرات السلبية والمستشعرات النشطة. والمصدر الرئيسي للطاقة للاستشعار عن البعد يأتي من الشمس وتسجل أجهزة الاستشعار من بُعد الإشعاع الشمسي المنعكس أو المنبعث من سطح الأرض. عندما يأتي مصدر الطاقة من خارج المستشعر، يطلق عليه المستشعر السلبي ومن أمثلة أجهزة الاستشعار السلبية الكاميرات الفوتوغرافية وأجهزة الاستشعار الكهروضوئية وأجهزة استشعار الأشعة تحت الحمراء الحرارية وأجهزة استشعار الهوائي. نظراً لأن أجهزة الاستشعار تستخدم الطاقة التي تحدث بشكل طبيعي، فيمكنها التقاط البيانات فقط خلال ساعات النهار فى إطار أن الاستثناء الوحيد هو أجهزة استشعار الأشعة تحت الحمراء الحرارية، والتي يمكنها الكشف عن الطاقة المنبعثة بشكل طبيعي ليلا أو نهارا طالما أن كمية الطاقة كبيرة بما يكفي لتسجيلها.

وتستخدم المستشعرات النشطة الطاقة القادمة من داخل المستشعر حيث أنها توفر الطاقة الخاصة التي يتم توجيهها نحو الهدف ثم يتم الكشف عن الطاقة المنعكسة من هذا الهدف وتسجيلها بواسطة المستشعرات. ومن أمثلة الاستشعار النشط هو الرادار الذي ينقل إشارة الميكروويف نحو الهدف ويكتشف ويقيس الجزء المنتشر من الإشارة مثال آخر هو اليدار والذى تنبعث منها نبضة ليزر وتقيس بدقة وقت عودتها لحساب ارتفاع كل هدف ويمكن استخدام أجهزة الاستشعار النشطة لتصوير السطح في أي وقت، ليلا أو نهارا، وفي أي موسم كما يمكن أيضاً استخدام المستشعرات النشطة لفحص الأطوال الموجية التي لا توفرها الشمس بشكل كاف للتحكم بشكل أفضل في طريقة إضاءة الهدف.

ويمكن تلخيص الأنواع المختلفة للمستشعرات فيما يلي:

أ- أجهزة الإستشعار الكهروضوئية:

يتم الحصول على صور الأقمار بواسطة أجهزة الاستشعار الكهروضوئية وقد يتكون كل جهاز استشعار من كميات مختلفة من أجهزة الكشف حيث تستقبل أجهزة الكشف وقياس الإشعاع المنعكس أو المنبعث من الأرض كإشارات كهربائية، وتحولها إلى قيم رقمية يتم تخزينها على متنها أو إرسالها إلى محطة الإستقبال على الأرض ويتم توجيه الإشعاع الوارد إلى أجهزة كشف مختلفة بحيث يمكن تسجيل الإشعاع في نطاق معين من الطول الموجي كنطاق طيفي وتشمل الأنواع الرئيسية لأنظمة المسح المستخدمة في الحصول على بيانات الصور متعددة الأطياف الضوئية.

بدلاً من تصوير مشهد أرضي بالكامل في وقت معين (كما هو الحال مع الكاميرا الفوتوغرافية) تقوم الماسحات الضوئية عبر المسار بمسح سطح الأرض وكثيرا ما يتم فصل الإشعاع المنعكس أو المنبعث إلى عدة نطاقات طيفية، لأن أنظمة المسح من بُعد هذه قادرة على التصوير متعدد الأطياف ويمكن استخدام الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والمنعكسة والحرارية في نظام الاستشعار من بُعد متعدد الأطياف، والذي يحتوي عادة على عدد من النطاقات الطيفية ومجموعة من الكاشفات الإلكترونية الحساسة لمجموعة من الأطوال الموجية تكتشف وتقيس الإشعاع الوارد لكل نطاق طيفي وحفظه كبيانات رقمية.

ب- أجهزة الإستشعار تحت الحمراء الحرارية:

تعد ماسحات الأشعة تحت الحمراء الحرارية نوعاً خاصاً من أجهزة الاستشعار الكهروضوئية حيث تكتشف الماسحات الضوئية الحرارية وقياس الأشعة تحت الحمراء الحرارية للإشعاع الكهرومغناطيسي بدلاً من الأشعة تحت الحمراء المرئية القريبة والأشعة تحت الحمراء المنعكسة ونظراً لأن الامتصاص الجوي قوي في بعض أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي فى إطار وجود بخار الماء وثاني أكسيد الكربون، فإن

الاستشعار بالأشعة تحت الحمراء الحرارية يقتصر على منطقتين محددتين، والمعروفة باسم النوافذ الجوية وذلك مقارنة مع أطياف الأشعة تحت الحمراء المرئية والمنعكسة، وتكون الدقة المكانية لقنوات الأشعة تحت الحمراء الحرارية عادة أقل وضوحاً من تلك الخاصة بنطاقات الأشعة المرئية والمنعكسة.

تتمثل ميزة التصوير الحراري في إمكانية الحصول على الصور في النهار والليل، طالما أن الإشعاع الحراري ينبعث باستمرار من التضاريس حيث يتم الكشف عن إشعاعات الأشعة تحت الحمراء الحرارية المنبعثة، وهي مصنوعة من بعض مجموعات المواد المعدنية. وتتركز طاقة الأشعة تحت الحمراء الحرارية الواردة من المسح الضوئي على الكاشف، مما يحول الطاقة المشعة إلى مستوى مناسب من الإشارة الكهربائية التناظرية حيث يتم تضخيم الإشارات الكهربائية الناتجة بالتسلسل وتسجيلها على أشرطة مغناطيسية ويمكن عرض هذه الإشارات على الشاشات ويمكن تسجيلها وتحليلها رقمياً بعد التحويل من نظام تناظري إلى رقمي.

ج- الميكروويف السلبي ومستشعرات صور الرادار:

يستخدم الإشعاع الكهرومغناطيسي في منطقة الطول الموجي للميكروويف على نطاق واسع في الاستشعار من بُعد لسطح الأرض والغلاف الجوي والمحيطات بالمقارنة مع أطياف الأشعة تحت الحمراء المرئية والمنعكسة والحرارية ويكون للموجات الدقيقة طول موجي أطول. وتسمح هذه الخاصية للميكروويف بالاختراق من خلال الغطاء السحابي والضباب والغبار وما إلى ذلك في الغلاف الجوي، بينما لا يتأثر بالإنعكاس الذي يؤثر على الموجات الضوئية الأقصر ويعد اكتشاف طاقة موجات الميكروويف في جميع الأحوال الجوية والبيئية مهماً بشكل خاص للمناطق المدارية، حيث تحدث أغطية السحب الكبيرة بشكل متكرر على مدار العام.

تعمل أجهزة استشعار موجات الميكروويف السلبية بطريقة مماثلة لتلك المستخدمة في التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء وعادةً ما تكون المستشعرات عبارة عن أجهزة قياس إشعاعية، والتي تتطلب هوائيات تجميع كبيرة، إما ثابتة أو متحركة حيث تقوم أجهزة استشعار موجات الميكروويف السلبية باكتشاف وقياس طاقة الموجات المنبعثة بشكل طبيعي داخل مجال رؤيتها، ويتم التحكم في الطاقة المنبعثة بشكل أساسي عن طريق درجة الحرارة وخصائص الرطوبة للكائن المنبعث أو السطح ونظراً لزيادة الأطوال الموجية فإن هذه الطاقة المنبعثة صغيرة إلى حد ما مقارنة بأطوال الموجات الضوئية (الأشعة المرئية والمنعكسة) ونتيجة لذلك، تعد مجالات رؤية معظم أجهزة استشعار الميكروويف كبيرة لاكتشاف ما يكفي من الطاقة لتسجيل إشارة حيث تتميز البيانات التي حصلت عليها هذه المستشعرات بالاستبانة المكانية المنخفضة.

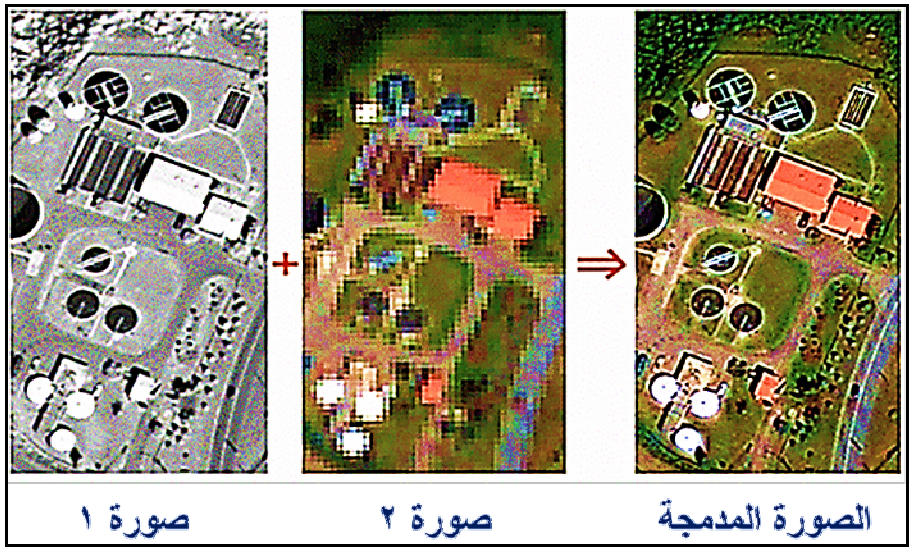
والخلاصة أن نوعيات المستشعرات تنقسم الى نوعين نشط وسلبي. توفر المستشعرات النشطة مصدر الطاقة الخاص بها لإلقاء الضوء على الأشياء التي يلاحظونها. ينبعث المستشعر النشط الإشعاع في اتجاه الهدف المراد التحقيق فيه. بعدها يكتشف المستشعر ويقيس الإشعاع المنعكس أو المنبعث من الهدف، أما أجهزة الاستشعار السلبية، فهي تكتشف الطاقة الطبيعية (الإشعاع) المنبعثة أو المنعكسة بواسطة الكائن أو المشهد الذي تتم مراقبته. إن أشعة الشمس المنعكسة هي المصدر الأكثر شيوعًا للإشعاع المقاس بأجهزة الاستشعار السلبية وتعمل غالبية المستشعرات النشطة في مجال الميكروويف مما يجعلها قادرة على اختراق الغلاف الجوي.

تطبيقات تكنولوجيا الفضاء

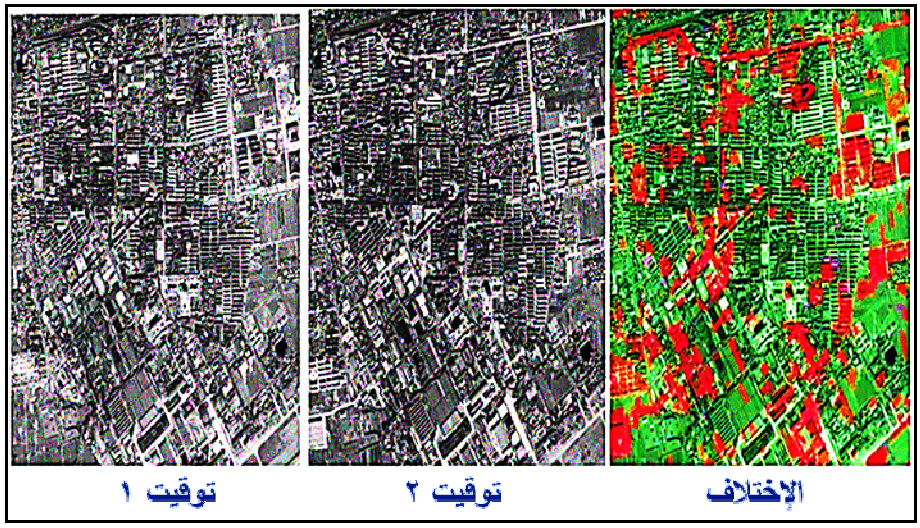
تعتبر معالجة الصور باستخدام العلوم التكنولوجية من أهم التطبيقات التي تحدد العديد من المخرجات المطلوبة في المجالات المختلفة التي يمكن الاستفادة منها في التطبيقات المتنوعة. ويمكن تلخيص بعض تطبيقات معالجة الصور باستخدام العلوم التكنولوجية المقترحة فيمايلي:

- إختيار النطاق في الصور الطيفية
- فك الصور الطيفية
- التصحيح الهندسي للصور
- تصحيح القياس الإشعاعي وتأثير الضوء والغلاف الجوي على الصور
- إزالة التشويش
- دمج الصور للحصول على معلومات إضافية
- تحسين دقة الصور
- تحديد المتغيرات الأرضية من خلال تحليل الصور في توقيتات مختلفة
- تصنيف محتويات صور الأقمار والتعرف على المكونات والأشياء
- إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد لصور اليدار

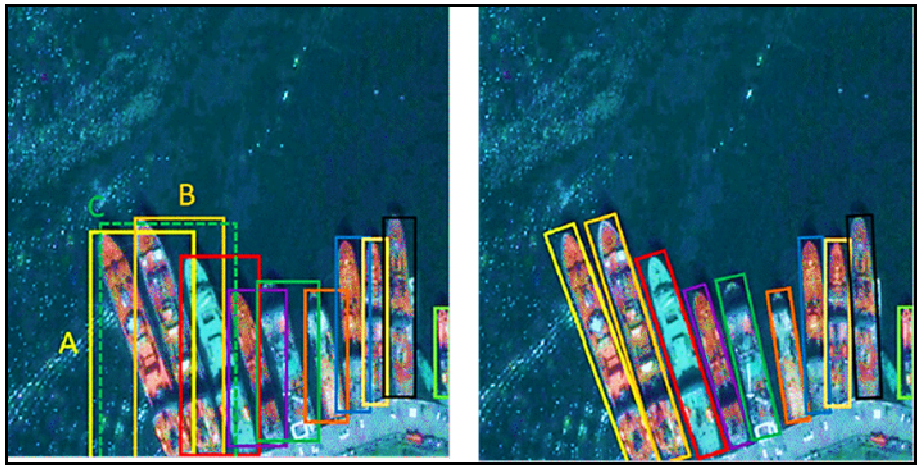
ويوضح الشكل رقم (١) دمج الصور بينما يوضح الشكل رقم (٢) التعرف على التغيرات لإختلاف توقيت الصور، ويوضح الشكل رقم (٣) التعرف على الأشياء في صور الأقمار، ويوضح الشكل رقم (٤) نماذج ثلاثية الأبعاد لصور اليدار.



شكل (١) : دمج الصور.



شكل (٢) : التعرف على التغيرات لإختلاف توقيت الصور.



شكل (٣) : التعرف على الأشياء في صور الأقمار.

شكل (٤) : نماذج ثلاثية الأبعاد لصور اليدار.

١) تطبيقات الاستشعار من بُعد:

يتم اختيار نوعية البيانات المستخدمة حسب التطبيق المراد من أجله الحصول على البيانات. ويتم الاستفاده من تكنولوجيا الاستشعار من بُعد في عده تطبيقات نذكر منها على سبيل المثال:

- في مجال الزراعة مثل القيام بحصر المحاصيل الزراعية والكشف عن الامراض النباتية، والتعرف على حالة الأرض، ودراسة الإختلاف النوعي للأراضي والتربة.
- في مجال المياه يمكن مراقبة حركة الأنهار، وجفاف الأراضي والبحيرات، والتعامل مع السيول والفيضانات المتوقعة بمقارنة صور مأخوذة على فترات، بل حتى يمكن البحث عن المياه الجوفية تحت رمال الصحراء عن طريق صور الرادار.
- في مجال الجيولوجيا تقوم أجهزة الاستشعار باستكشاف الخامات المعدنية والبترولية، حيث يستعان بالصور المعالجة في مجالات التعدين، وذلك بناءً على أن كل نوع من الصخور أو المعادن يمتلك درجة امتصاص خاصة به، وهناك

محاولات لاستخدام الصور الفضائية في مجال النفط وهي محاولات بحثية، مع العلم أن الصور الفضائية تتعامل مع الظواهر السطحية بينما ترتكز صناعة النفط على التعامل مع الظواهر تحت السطحية، ومن الاستخدامات الجيولوجية مراقبة الحركات الأرضية والزلازل والبراكين وغيرها.

- في مجال الآثار وهي أحد تطبيقات الاستشعار من بُعد المهمة، حيث يمكن استعمال الصور الجوية والفضائية للكشف عن المواقع الأثرية عن طريق رؤية المظاهر السطحية وما تحتها وذلك من خلال تفسير هذه الصور .
- في مجال الحفاظ على البيئة وذلك باستخدام الصور الفضائية بعد معالجتها بالحاسب. فهناك برامج علمية دقيقة لدراسات التلوث كماً ونوعاً ورسم خرائط تلوث المياه والهواء والتربة.
- في مجال تحديد مصادر التلوث بتحديد مصادر التلوث ومراقبة الامتداد الموضعي المكاني لهذا التلوث، وبخاصة عند حدوث تلوث طارئ معين، بالإضافة إلى القيام بدراسة تركيز هذا التلوث وسرعة تدفقه وجريانه ومقدار تشتته أيضاً.
- في مجال الفلك مثل مراقبة الكواكب والنجوم.

٢) تكنولوجيا المعلومات المرتبطة ببيانات الاستشعار من بُعد:

هناك العديد من الخوارزميات لتحسين الصور حسب الغرض المراد، فمن الأغراض المهمة تنقية الصورة من التشويش والذي يرجع لعدة أسباب منها حساسية الكاميرا أو أثناء نقل وتخزين الصورة. وكذلك يتم تحسين الصورة بتقليل أو إزالة الضبابية من الصورة. من الأمور المهمة قبل معالجة الصورة تصحيح وإعادة توزيع قيم البيانات الملتقطة توزيع الإضاءة ويتم ذلك بعدة طرق حسب الحاجة كتوزيع القيم المسجلة بالتساوي أو زيادة أو تقليل التباين والسطوع ومن هذه الطرق:

- **تعديل الهيستوجرام:** الهيستوجرام هو شكل آخر للصوره يبين توزيع القيم المسجلة في الصوره على التدرج اللوني الرمادي من الأسود الى الابيض ويتم معرفة مشكلات الصوره منه من حيث عدم وضوح الصوره بسبب تجمع قيم البيانات عند اللون الأسود أو عدم الوضوح بسبب تجمع قيم البيانات عند الدرجات الفاتحة الأبيض والقريب منها مما يعطي في النهاية صوره غير واضحة بسبب غالبية اللون الأسود عليها أو غالبية اللون الأبيض. كما يمكن استخدام الهيستوجرام في تحسين التباين ويمكن أيضاًالانتفاع بمعلومات الهيستوجرام في إجراء التكنولوجيات الخاصة بضغط الصور.
- **فلترة الصورة:** الفلترة هي طريقة تستخدم لتعديل وتحسين الصورة. فباستخدامها نستطيع على سبيل المثال إبراز بعض الخصائص المميزة للصورة كالحواف أو إزالة بعض العيوب كالتشويش أو الضبابية. ببساطة عملية الفلترة تتم عن طريق تمرير فلتر على الصورة بطريقة معينة وجمع حاصل ضربه مع الصورة لحساب قيمة بكسل معين. ويمكن تصميم العديد من الفلاتر حسب المهمة المطلوبة.
- **معالجة الصورة في نطاق الترددات:** في المجالات السابقة كان التعامل مع قيمة البكسلات، ولكن في نطاق الترددات يكون التعامل مع معدل تغير قيمة البكسلات. وأما المعالجة في نطاق الترددات فتظهر أهميتها في الكثير من العمليات كالفلترة وضغط الصور ويمكن الحصول على نطاق الترددات عن طريق عدد من التحويلات، ومن أشهرها تحويل فوريير.
- **التطوير في تطبيقات البيانات الضخمة:** تتميزالبيانات الضخمة عن غيرها من البيانات من حيث الحجم والتنوع وسرعة حدوثها (الفترة الزمنية التي يتم استحداث البيانات فيها). ولما كانت بيانات الاقمار تتميز بكل هذه الخصائص تم استحداث تطبيق تكنولوجيا المعلومات للبيانات الكبيرة في التعامل مع صور الأقمار لاغراض الاستشعار من بُعد.

ومن أهم تطبيقات البيانات الضخمة تحليل البيانات لتحسين عملية صنع القرار مثل:

- توقع أنماط الطقس بشكل أكثر دقة.
- إدارة المخاطر (التنبؤ بالزلازل مثلاً).
- إيجاد أفضل السبل لاستخدام وحفظ المياه.

وتتوافق تكنولوجيات "الحوسبة السحابية" بشكل متكامل مع البيانات الكبيرة، نظراً لأن الحوسبة السحابية توفر موارد غير محدودة. لا يحتاج مستخدمي الحوسبة السحابية إلى تركيب برنامج أو جهاز معين؛ يمكنهم ببساطة استئجار الموارد التي هم بحاجة إليها، والدفع مقابل ما يستخدمونه فقط خلال وقت محدد، فضلاً عن توفير الحوسبة السحابية لكثير من الموارد المتاحة بصورة مجانية.

- **انترنت الأشياء:** وفكرته مستمده من فكرة الاستشعار من بُعد وهو معرفة حالة الاشياء ومعلوماتها الدقيقة من حولنا دون الحاجة الى أن نكون بالقرب منها، لكن هذه الفكرة سرعان ما لاقت استحسان الشركات الكبرى مثل شركة: جارتنر الباحثة في هذا المجال والتي أعادت صياغة فكرة إنترنت الأشياء. حيث يتم توصيل الأشياء عموماً التي لها قابلية الاتصال بالإنترنت لإرسال واستقبال وتحليل البيانات وتنظيم العلاقة بينها بشكل يسمح بأداء وظائف مطلوبة والتحكم فيها من خلال الشبكة.
- **الذكاء الاصطناعي:** ويستخدم في محاكاه طريقة تفسير الانسان لمحتوى الصوره بالحاسب فيمكن استنباط وجود حقل بترول مثلا أو مياه جوفية في منطقة ما بالرغم من عدم وجود هذه المعالم على سطح الأرض ولكن هناك مؤشرات ومعلومات أخرى يتم ربطها بالمعلومات السطحية بحيث يمكن التعرف على الأنماط التي تتميز بخصائص معينة يتم تغذية الحاسب بها لكي يستنتج ويصدرالقرارات وكأنه خبير في الجيولوجيا أو في اكتشاف مصادر المياه وتفسيرها من صور الاستشعار من بُعد.

ويتضح أن تحليل البيانات بإستخدام الأساليب الحديثة في تكنولوجيا المعلومات وخاصة معالجة الصور الرقمية هي عنصر أساسي في تنفيذ مشروع الاستشعار من بُعد. ففي بعض الأحيان يكون لا بد من المعالجة المسبقة للصور الرقمية لتصحيح الصورالتي قد تكون بها عيوب فنيه. ويتمثل جوهر معالجة الصور الرقمية في استخراج المعلومات، والتي تهدف إلى اكتشاف وتحديد وقياس وتحليل الميزات والكائنات والظواهر والعمليات من صور الاستشعار باستخدام الحاسبات لمعالجة الصور الرقمية ويرتبط تطوير تحليل الصور وتفسيرها ارتباطاً وثيقاً بتوفر صور الاستشعار الرقمية والتقدم في برامج الحاسب والأجهزة وتطور أنظمة الأقمار وإستخدام التكنولوجيات الحديثة.

كما أنه تم الآن دمج الاستشعار من بُعد مع التكنولوجيات الجغرافية المكانية الحديثة الأخرى مثل نظم المعلومات الجغرافيه ونظم تحديد المواقع العالمي GIS وGPS ورسم الخرائط للجوال وتم استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتعزيز وظائف معالجة صور الاستشعار في مراحل مختلفة. كما يوفر بيئة مرنة لإدخال البيانات الرقمية وتحليلها وإدارتها وعرضها من مصادر مختلفة ضرورية لتطبيقات الاستشعار.

٣) التكنولوجيات المتطورة لمعالجة صور الأقمار:

فى إطار تطور التكنولوجيا على المستوى العالمي فإن أساليب معالجة صور الأقمار قد تطورت بدرجة كبيرة بما يؤثر على جودة الحصول على المعلومات من البيانات المتاحة، ويمكن تلخيص بعض التطبيقات فيما يلي:

- **تطبيقات المهام الحرجة**

تتمثل تطبيقات المهام الحرجة في حالات الطوارئ والخدمات الهامة التي تحتاج إلى توفر الشبكات طوال الوقت، ومن أمثلة تطبيقات المهام الحرجة هي: إدارة الكوارث، وجمع البيانات العسكرية ونقلها، ومراقبة الوقت الفعلي للأنظمة المهمة ولا يمكن أن تتحمل هذه

الأنظمة غياب الشبكة لفترة قصيرة خلال الكوارث الطبيعية مثل الفيضانات والأعاصير والانهيارات الأرضية، وفي كثير من الأحيان تتوقف الشبكات عن العمل لعدة أيام وفي بعض الحالات حتى لعدة أشهر نتيجة تأثر البنية التحتية اللاسلكية بشكل مباشر. ومع ذلك فإن الأقمار الاصطناعية محصنة من هذه المشاكل وهذا هو السبب في تفضيل إنترنت الأشياء القائم على الأقمار عندما تكون البنية التحتية عرضة للكوارث الطبيعية.

- **خدمات تحديد المواقع**

تحتاج الخدمات المستندة إلى المواقع المحددة لتنفيذ أو تقديم خدماتها وتوفر الشبكات القائمة على إنترنت الأشياء إلى جانب دعم الأقمار تفاصيل أفضل عن الموقع من الشبكات الخلوية ويمكن استخدام هذه التفاصيل الدقيقة للتطبيقات العسكرية والعديد من الحالات الأخرى التي تكون فيها دقة الموقع حرجة وتُفضل أنظمة تحديد المواقع العالمية على البدائل الأخرى المتاحة بسبب دقتها.

- **أنظمة الملاحة**

تحتاج أنظمة الملاحة إلى المعلومات الدقيقة للمحيط في الهواء والماء ويمكن توفير التنسيق بين الأقمار بدعم من أجهزة استشعار المستندة إلى الأرض أفضل بكثير من الأقمار وحدها في أنظمة الملاحة الجديدة ويمكن أن تكون لها دوراً فى تحقيق الأهداف المطلوبة. وتعتبر الزراعة قطاعاً مهماً حيث تعد زيادة المحصول دائماً هدفاً للمؤسسات المختلفة وتعتبر إنترنت الأشياء لها دور كبير في جمع المعلومات اللازمة للزراعة من خلال الشبكات والتى يمكن بعد ذلك استخدامها من خلال الأقمار لمراقبة مستوى الماء ودرجة الحرارة والعديد من المعلومات الأخرى.

- **التتبع**

إن التتبع له العديد من التطبيقات في القطاعات المختلفة وعلى سبيل المثال فإن التتبع اللوجيستي يستخدم لتوفير التقدم في النقل والتسليم، وكذلك تتبع الطائرات والسفن

والكيانات المختلفة له إحتياجات كثيرة فى الآونة الأخيرة، وتتعقب الشرطة المجرمين واللصوص للمهام المتعلقة بإنفاذ القانون حيث تحتاج آليات التتبع هذه إلى كل من الأقمار وشبكات إنترنت الأشياء للحصول على دقة أفضل، التي يمكن أن تلعب أدوارا حيوية في التتبع.

- **الرعاية الصحية**

قطاع الرعاية الصحية أساسي لكل بلد، إنها حاجة أساسية لكل مواطن وهناك العديد من جوانب الرعاية الصحية التي تحتاج إلى دعم، وعلى سبيل المثال يمكن توفير المراقبة الصحية من بُعد والمعالجة الطبية للمرضى قبل وصولهم إلى المستشفى من خلال الشبكات وهو أكثر أهمية حيث لا توجد الشبكات الخلوية. هناك العديد من تطبيقات ويتم أيضاً إنتاج العديد من التطبيقات الجديدة كل عام، بناءً على هذه الطلبات فإنه تم إنشاء العديد من الشركات التي تقدم الخدمات بأي شكل من الأشكال باستخدام إنترنت الأشياء.

- **البيانات الضخمة للإستشعار من بُعد**

قد تم استخدام أجهزة الاستشعار من بُعد على نطاق واسع لمتابعة كوكب الأرض من وجهات نظر مختلفة ولتسهيل الإستفادة والتعامل وليس من المبالغة القول إن الأرض كلها أصبحت الآن رقمية. لذلك فإن الأرض الرقمية بالإضافة إلى مولدات البيانات المتحركة هي الجهات الفاعلة الرئيسية للبيانات الضخمة في مجال الاستشعار من بُعد، والتي يمكن استخدامها لجعل المؤسسات والكيانات المختلفة أكثر كفاءة لتحسين الخدمات بالإضافة إلى تحسين صنع القرار والتصنيع وابتكار المنتجات وتجربة المستهلك والخدمة ... إلخ.

نحن الآن في عصر البيانات الضخمة، لذا فأنه من المهم جداً جمع البيانات في سياقات مختلفة ومع ذلك لا تزال هناك مشكلة شائعة تتعلق بكيفية الحصول على

معلومات دقيقة حول البيانات الضخمة في إطار أنه يمكن أن توفر لنا مجموعة كبيرة من البيانات فرصاً كبيرة للإستفادة. ويمكن تمييز البيانات الضخمة بشكل أساسي بثلاث ميزات: الحجم، والتنوع، والسرعة، والتي تم تعريفها على أنها ثلاثة أبعاد.

ويمكن وصف بيانات الاستشعار من بُعد الكبيرة بأبعادها الخاصة فيما يلي:

- تتميز البيانات المؤرشفة بزيادة حجمها المستمر مع الوقت وعلى سبيل المثال، تتوفر الآن كمية هائلة من بيانات الاستشعار مجاناً من مبادرة ناسا المفتوحة للحكومة، وهو نظام بيانات ومعلومات علوم الأرض والذى يحتوي على بيانات ضخمة.
- من حيث التنوع، يمكننا أن نرى الآن أن بيانات الاستشعار من بُعد الكبيرة تتكون من مصادر متعددة (ليزر، رادار، بصري، ... إلخ) ومتعددة المؤشرات (يتم جمعها في توقيتات مختلفة)، وبيانات متعددة (الدقة المكانية المختلفة) وكذلك البيانات من مختلف التخصصات اعتمادا على العديد من مجالات التطبيق.
- لا تتضمن سرعة البيانات الضخمة في الاستشعار من بُعد توليد البيانات بمعدل نمو سريع فحسب، بل تتضمن أيضاً كفاءة معالجة البيانات وتحليلها. بمعنى آخر، ينبغي تحليل البيانات في وقت حقيقي أو معقول لإنجاز مهمة معينة، على سبيل المثال، يمكن للثواني أن تنقذ مئات الآلاف من الأرواح في زلزال.

على الرغم من أن الأبعاد الثلاثية يمكنها وصف البيانات الضخمة إلا أننا نعتبر أنه ليس من الضروري للبيانات الكبيرة في الاستشعار من بُعد أن تفي بجميع الأبعاد الثلاثة وعلى سبيل المثال فإنه يمكن لأي مشكلة من حيث الحجم والسرعة، والحجم والتنوع أو التنوع والسرعة أن تحل بالفعل مشكلة كبيرة في البيانات هذا بالإضافة إلى التحديات الشائعة للبيانات الكبيرة فإن هناك تحديات أخرى لتطبيقات الاستشعار من

بُعد مثل القابلية للتوسعة لدمج أنظمة إدارة متباينة متعددة للأقمار المختلفة لمركز بيانات الاستشعار من بُعد وهناك أهمية خاصة في قيمة البيانات، ونوعية البيانات الكبيرة ويمكن استخدام طرق معالجة البيانات لاكتشاف هذه القيمة، ومن ثم يمكن تحقيق الإستفادة من البيانات الضخمة في تطبيق حقيقي للاستشعار من البُعد.

برمجيات تكنولوجيا الفضاء

يمكن إلقاء الضوء على برمجيات تكنولوجيا الفضاء من خلال مناقشة الخطة المبدئية لبرمجيات الفضاء والأهداف الاستراتيجية والرؤية والرسالة ثم تحديد نقاط القوة والضعف في إطار الخطة المبدئية.

١) الخطة المبدئية لبرمجيات الفضاء:

التطبيقات المختلفة لإستخدامات تكنولوجيا الأقمار الاصطناعية تعتبر المدخل الأساسى لوضع مهام الأقمار وما يتعلق بها من تكنولوجيات وبرامج مساعدة الإستشعار من البعد ومراقبة الأرض مثال معبر عن تحديد إحتياجات المستخدمين وتبدأ المراحل الأول بوضع التطبيق المطلوب إستخدامة (تصوير جوى – مراقبة بحار ومحيطات وأنهار – تطبيقات زراعية – تطبيقات جيولجية – ثروة سمكية ... الخ)، ثم يتم تحديد نوعية البرمجيات المستخدمة التى تخدم هذا التطبيق والتى تبدأ من ارسال تكليف التصوير من الأرض إلى القمر الصناعى ومرورا بإستقبال نتائج التصوير وتحليلها والوقوف على مدى مطابقتها للمواصفات الموضوعة. لبناء هذا الإتجاه تظهر أهمية المحاور التى سوف يتم من خلالها تحقيق هذه المواصفات من برامج تخطيط للحمولة الفضائية وبرامج التحكم والتشغيل ثم برامج أستقبال وتحليل الصور.

هذه المنظومة تتغير بتغير التطبيق المستخدم، فعلى سبيل المثال برمجيات الأقمار التى تقوم بالتصوير تختلف عن البرمجيات التى تستخدم فى مجال الإتصالات والملاحة الجوية. ومن هذا المنظور قامت برامج الفضاء فى اساس

إستراتيجياتها على ديناميكية تطوير البرمجيات والدور المهم التى تقوم بة فى جميع مراحل التصميم والتحليل والتطوير في تعزيز استكشاف الفضاء الخارجي وإستخدامه في الأغراض السلمية وفي التوسع في هذا المجال بوصفه مجالا مفتوحا للبشرية جمعاء وفي استمرار الجهود الكفيلة بأن تشمل الفوائد المستمدة من ذلك جميع الدول، وأيضاً بما للتعاون الدولي من أهمية في هذا الميدان وهو ما يتطلب تواصل الجهات المستفيدة والمعنية.

وتتكون الخطة المبدئية من مجموعة من الأهداف المحددة مشتقة من الأهداف العامة لخطة تطوير برنامج الفضاء المصرى حيث تم وضع تصور للخطة المبدئية من خلال الأخذ في الاعتبار دراسات الوضع الراهن لبرمجيات الفضاء وتكنولوجيا المعلومات في مصر، وتجارب الدول الأخرى على المستوى الأقليمي، إضافة إلى معرفة الجوانب التكنولوجية والتوجهات المستقبلية في مجالات برمجيات الفضاء وتكنولوجيا المعلومات. ولتطوير الخطة المبدئية يجب ان يتم اتباع منهجية واضحة ترتكز على أساسيات التخطيط الإستراتيجي ومنطلقات تكنولوجيا البرمجيات عالمياً.

فى الخطط الحديثة للنظم الفضائية المختلفة، المكون النهائى للبرمجيات هو جزء كبير من شبكة عمل معقدة تضم برمجيات عدة أنظمة، وتشمل هذه البرمجيات الفضائية العديد من التطبيقات الحديثة والتى تعكس التقدم السريع فى هذا المجال، منها على سبيل المثال الرحلات الإستكشافية الفضائية المأهولة القاذفات المختلفة للإطلاق وبرمجيات المحطات الأرضية المرتبطة بها والمشاريع الفضائية الأستكشافية.

كما هو الحال مع خطط تطوير المعدات (Hardware) يسمح بتطوير مجموعة من البرمجيات الخاصة بالأقمار معتمدة بشكل كبير على التكوين الخاص بمثل هذه المعدات وفى إطار الأهداف التصميمية المحددة التى تسمح بتعدد وتنوع مصادر

برمجيات الأقمار، فى وقت لاحق كانت الأقمار الاصطناعية تعتمد على مجموعة من أوامر التشغيل الأرضية التى يتم التحكم فيها من المحطات الأرضية والتى تسمح برفع درجة أهمية الخبرات المتواجدة فى مثل هذه المحطات ومدى الكفائة المطلوبة لإتمام المهمة الرئيسية للقمر، حيث أصبحت مهمات الأقمار أكثر عمقا وتعقيداً.

٢) الأهداف الاستراتيجية:

تعتبر برمجيات الفضاء عاملاً مهماً يرتبط بالتنمية والأمن والإقتصاد والرفاهية لدول العالم كافة، إذ تدخل التطبيقات الفضائية في مختلف نواحي الحياة اليومية (الإتصالات والملاحة والبث الإعلامي ومراقبة الطقس ومراقبة الكوارث الطبيعية وغيرها)، وهذا يفسر التنافس الدولي في مجال الفضاء وإستخداماته المختلفة، حيث تقوم العديد من الدول بتنفيذ برامج فضائية من خلال بناء مؤسسات متخصصة، ورصد ميزانيات ضخمة لتنفيذها، حتى إن حجم الاستثمار في القطاع الفضائي الدولي يقدر بنحو ٣٠٠ مليار دولار سنوياً وفقاً لأحدث التقديرات.

نظرا للتسارع والتطور فى أدوات وسائل الإتصالات وتكنولوجيا الفضاء والذى لايعد مجرد نتيجة للنمو الإقتصادي لكنه شرط أساسي للتنمية الوطنية الشاملة المستدامة من خلال الدور الهام الذي يلعبه باعتباره أحد أهم البني التحتية والذى يؤثر فى شتى المجالات الحيوية.

هذا الاندماج والتكامل يشكل قاعدة رئيسية سعيا لأداء المهام المختلفة التى تقع على عاتق هذا القطاع المتخصص من البرمجيات كما أن هذه النوعية من البرمجيات لا يمكن أن تكون فاعلة إلا بتضافر كافة الجهود من أجل تحويلها إلى واقع ملموس بما يحقق تنفيذ السياسات والتصورات العامة مرورا بعمليات التطوير المستمرة وصولا إلى تنفيذ المشاريع باعتباره شريكاً في تحقيق التنمية المصرية كما يعتبر التزام المجتمع ومشاركته مسألة لا تقل أهمية في المساهمة ببناء مجتمع معلومات فاعل

وتنفيذ المبادرات الوطنية المتصلة بتكنولوجيا الفضاء ولاسيما إذا كان مجتمع المعلومات ليس هدفاً في حد ذاته، ولكنه وسيلة رئيسية للتنمية، من خلال إستخدام الإمكانيات المتاحة في دعم مقومات الدولة وتحقيق أهداف تنمية المجتمع المصرى الشاملة. إذ أن اعتماد مجتمع المعلومات كوسيلة للتنمية والارتقاء بالشعب المصرى يعني أن برمجيات الفضاء لابد أن تساهم مع غيرها من الهيئات والمؤسسات كشريك أساسى في بناء الدولة.

صار لتكنولوجيا الفضاء دوراً أساسياً في العملية التنموية ورفع المستوى العلمي والمعرفي والإقتصادي للمجتمعات وتحسين نوعية الحياة والمساهمة في تواصل الشعوب واللحاق بركب ثورة الإتصالات وتكنولوجيا المعلومات والتي تعتبر الركيزة الأساسية لإقامة وتعزيز التنمية المعرفية والاجتماعية والإقتصادية. كما أن تقديم حلول تكنولوجية متفوقة آمنة ترتقي بمستوى الإدارة إلى الجودة التامة، كما تهدف عملية تطوير وترسيخ برمجيات فضائية إلى توفير الخدمات والحلول الذكية لسد حاجات السوق المحلي والتصدير إلى الخارج لذلك يجب العمل على زيادة إنتاجيته وفعاليته وتحسين قدرته على الإبداع والابتكار وتعزيز الشراكة بين القطاع العام والقطاع الخاص والأكاديمي والمؤسسات غير الحكومية في مجال تكنولوجيا الفضاء. وتعزيز هذه الشراكة بجلب المشاريع التعليمية والإقتصادية المهمة التي تُمكن من رفع القدرة الفنية للشباب في بلادنا وفتح مواقع عمل جديدة لهم تتناسب وطموحاتهم.

وفى سبيل تعضيد تكنولوجيا الفضاء فى مصر ينبغى خلق بيئة تمكينية مواتية لصناعة تكنولوجية معلوماتية مصرية متطورة، إذ يعد تطوير القدرات الداخلية لشركات تكنولوجيا المعلومات والإتصالات من خلال دورات محلية متخصصة محفزا قويا للترويج لقطاع تكنولوجيا المعلومات محليا وعالميا. لذا فإن المساهمة فى تحقيق الأهداف الوطنية المصرية لا يتم إلا من خلال صياغة حزمة من الأهداف

الإستراتيجية التى تنسجم وغاياتها مع الأهداف الوطنية والاوضاع الإقتصادية والسياسية لتحقيق عوائد مجدية ضمن مستويات مخاطر مقبولة.

٣) برمجيات الفضاء المصرية الرؤية والرسالة:

من خلال الرؤية والرسالة التى تم ايضاحها من مجموعة التجارب السابقة، يتضح لنا أن كل برنامج يضمن تنفيذ رؤيتة الخاصة على حسب إحتياجات كل دولة ويخطو على خطوات ثابتة من خلال خارطة الطريق الموضوعة للنهوض بتكنولوجيا الفضاء، تدرك جمهورية مصر العربية أهمية صناعات البرمجيات الفضائية في مسيرة التطور التكنولوجى، لذا يجب أن تعمل الدولة على وضع السياسات والتشريعات واللوائح التي ستحدد سياسات تطوير برمجيات الفضاء. فإن الهدف من بناء القدرات هو التوصل إلى القدرات المحلية لتطوير التطبيقات والبحوث في التخصصات الأساسية التالية: الاستشعار من بُعد وعلوم الفضاء والإتصالات الفضائية والفضاء وعلوم الغلاف الجوي وإدارة الموارد الطبيعية والرصد البيئي وإدارة الكوارث وتغير المناخ.

من خلال التحليل والمقارنات ومن خلال التجارب التى تم دراستها ومن خلال الوضع الحالي لهيئة الأستشعار من البعد وعلوم الفضاء ومن خلال وكالة الفضاء المصرية ومن خلال التجارب السابقة التى تمت يمكن أن نقترح المهمة الأساسية لتطوير تكنولوجيات البرمجيات الفضائية وهى وضع خطة تطويرية ذات رؤية بعيدة الأجل تضمن مشاركة الجهات البحثية والجامعات والقطاع الخاص والهيئات المشاركة فى صناعة برمجيات الفضاء بما يؤكد توطين وتطوير هذه الصناعة لكى يحقق لمصر الريادة فى مجال البرمجيات وتكنولوجيا الفضاء. وتهدف الخطة الأساسية لتطوير برمجيات الفضاء تقديم بنية بحثية مناسبة وتطويرالأنظمة الأساسية لبرمجيات تكنولوجيا الفضاء. في إطار إستخدام الجوانب التكنولوجية الحديثة والمتطورة لمراقبة

تطبيقات الاستشعار من البعد وأقمار المراقبة الجوية والأقمار التعليمية وما يترتب عليها من تطبيقات.

الرؤية:

- تطوير وتنمية إستخدامات تكنولوجيا برمجيات الفضاء بما يحقق لمصر الريادة بين دول العالم.

الرسالة:

- تطوير القدرات الحالية فى مجال برمجيات تكنوبوجيا الفضاء وتطبيقاتها.
- العمل على تعظيم وتنمية القدرات الحالية فى برمجيات الفضاء فى التخصصات التكنولوجية المتميزة ذات المشاركة القليلة فى دعم خطة تطوير البرمجيات.
- تنفيذ عدد من برامج التطوير التى تم اختيارها لتحقيق الرؤية المطلوبة.
- تطوير القدرات الحالية للجهات ذات الصلة فى مجال برمجيات تكنولوجيا الفضاء وطنياً وإقليمياً ودولياً.
- إتاحة الفرصة للجهات المعنية ذات الصلة للبرمجيات بالمشاركة فى ورش العمل والمؤتمرات الدولية.
- تشجيع التعاون الدولى للبرمجيات مع الشركات المتخصصة والهيئات الصناعية والجامعات.
- تشجيع برامج البحث والتطوير وتفعيل دور الملكية الفكرية.
- تطوير خطط التدريب فى برمجيات الفضاء وربط هذا التطوير بالمجالات التعليمية والتدريبية.
- تطوير الشركات القائمة ذات الصلة بالبرمجيات وإنشاء شركات جديدة.
- توسيع المساحة الخاصة بتطبيقات برمجيات الفضاء داخل الحكومة والصناعة والقطاع الخاص.

- العمل على رفع مستوى المنتج المحلى للبرمجيات للمستوى العالمى.
- إستمرار وتطوير الأنشطة الخاصة ببرمجيات تكنولوجيا الفضاء.

٤) الأهداف الرئيسية:

سيتم إدارة ومتابعة برامج تطويرالبرمجيات بواسطة جهات معنية وشركات ذات خبرات فى هذا المجال، وذلك للتأكيد على أن كل الأنشطة الموضوعة فى الخطة ذات الصلة بالبرمجيات تعمل وفقا لمعايير الجودة العالمية. وتتجلى الأهداف الرئيسية للسياسات والتشريعات واللوائح الفضائية فيما يلي:

- دعم الاستقرار والتنمية المستدامة في قطاع برمجيات الفضاء، وتشجيع الشراكة بين القطاعات الحكومية والتجارية والأكاديمية ومراكز البحوث والتطوير الصناعية.
- تعزيز دور قطاع برمجيات الفضاء في التنوع الإقتصادي ومساهمته في ازدهار وتطوير القطاعات الأخرى الحيوية المشاركة فى التطوير والإختبار لكل مراحل تصميم الأقمار الاصطناعية.
- تعزيز مستوى البنية التحتية والإمكانيات التكنولوجية والخدمات المقدمة في قطاع الفضاء للدولة.
- توفير البيئة التنافسية بين أصحاب المصلحة (Stockholder) والبيئة التنظيمية والجاذبة للقطاع الخاص والاستثمارات في مجال برمجيات الفضاء.
- تعزيز دور قطاع برمجيات الفضاء في الارتقاء بمستوى التعليم الجامعى والمعرفة وبناء الكفاءات والكوادر الفنية المبدعة والقادرة على التطوير.
- تعزيز القدرات والإمكانيات للبحوث العلمية والتكنولوجية المتقدمة، والتعاون مع أفضل مراكز البحوث العاملة فى مجال برمجيات الفضاء على المستوى الدولى.
- تعزيز دور قطاع الفضاء في المحافظة على البيئة ومراقبة تغير المناخ.
- تعزيز التعاون الدولي في مجال الفضاء، ودعم الشفافية وتنفيذ كافة المعاهدات والاتفاقيات الدولية التي تم الانضمام إليها.

تدرك جمهورية مصر العربية أهمية صناعات البرمجيات الفضائية في مسيرة التطور التكنولوجى، لذا يجب أن تعمل الدولة على وضع السياسات والتشريعات واللوائح التي ستحدد سياسات تطوير برمجيات الفضاء، وكذلك الأهداف الرئيسية لرؤية البرمجيات الفضائية من حيث دعم الاستقرار والتنمية في قطاع برمجيات الفضاء، وتشجيع الشراكة بين الهيئات البحثية والصناعية والأكاديمية وكذلك تعزيز دور قطاع برمجيات الفضاء في التطور الإقتصادي، ومساهمته في إزدهار وتطوير القطاعات الأخرى الحيوية، والتعاون مع مراكز البحوث العالمية.

٥) نقاط القوة والضعف والفرص والتهديدات:

بعد ذكر نماذج واقعية من عدة دول مختلفة وكيفية صياغتها لاستراتيجية تحليلها الرباعى (نقاط القوه والضعف والفرص والتهديدات) لتكنولوجيا الفضاء والبرمجيات الفضائية،وفى ظل التجربة المصرية مع القمر الصناعى مصرسات-١ ومصر سات-٢، ومن خلال الرؤية الخاصة بإنشاء وكالة الفضاء المصرية فإنه يمكن صياغة استراتيجية شاملة لتحديد التحليل الرباعى فى تكنولوجيا برمجيات الفضاء الفضاء المصرى فيمايلي:

- **نقاط القوة**

- توفر الثقة لدى الجهات المانحة والمؤسسات المتعاملة مع برنامج الفضاء المصرى من خلال سابقة أعمال متميزة.
- وجود كوادر وخبرات مؤهلة في مجال الفضاء وتكنولوجيا المعلومات.
- توفر البيئة التشريعية والتنظيمية الملائمة.
- قنوات اتصال داخلي مفتوحة مع كافة الجهات المعنية.
- وجود شراكات استراتيجية مع القطاع الخاص.

- **نقاط الضعف**

- قلة نشر الوعي بالدور الحيوى للتطوير برمجيات الفضاء في القطاعات المختلفة.
- عدم القدرة على استقطاب الخبرات والكفاءات المميزة من خارج برنامج الفضاء المصرى.
- عدم دقة الخطط السنوية لتكون واضحة وقابلة للتطبيق
- عدم مواكبة التطورات الحاصلة في القطاع من خلال التواصل الفعال مع القطاع الخاص.
- تغيير بعض توجهات المسئولين فى قطاع البرمجيات وتكنولوجيا المعلومات والفضاء.

- **الفرص**

- رؤية ودعم المسئولين لقطاع البرمجيات وتكنولوجيا الفضاء للوصول إلى إقتصاد مبني على المعرفة.
- توفر الدعم من الجهات المعنية للمبادرات المساهمة في تحقيق الأهداف الوطنية والإستراتيجية لقطاع تطوير برمجيات الفضاء.
- التواجد في المحافل الوطنية والدولية.
- علاقات قوية بين المعنين ببرمجيات الفضاء مع المؤسسات المتواجدة اقليميا ودوليا.
- التوجه العالمي إلى إستخدام برمجيات وتكنولوجيا الفضاء في جميع القطاعات الأخرى.
- وجود منح خارجية موجهة لرعاية وتمويل المشاريع الفضائية.

- **التهديدات**

- تأخر نسبى فى إجراءات إقرار القوانين والأنظمة الداعمة لتنفيذ البرامج والمشاريع الفضائية.
- المنافسة الاقليمية والدولية في قطاعات البرمجيات وتكنولوجيا المعلومات وتكنولوجيا الفضاء.
- عدم تعاون المؤسسات الحكومية الشريكة في إنجاز الأعمال المطلوبة.
- عدم وعي بعض القطاعات الاخرى بأهمية برمجيات وتكنولوجيا المعلومات وتكنولوجيا الفضاء.

هندسة البرمجيات فى مجال الفضاء

لقد أصبحت برامج الحاسب جزءا لا يتجزأ من جميع العلوم والتخصصات الهندسية، وشهدت خلال العقدين الماضيين تقدماً لم يسبق له مثيل في تكنولوجيا البرمجيات لتلبية احتياجات مختلف مجالات وميادين العلم والتكنولوجيا، واليوم نجد هندسة البرمجيات بهذه الأنظمة تميزت بالجودة العالية والسلامة المطلوبة. من المهم أن تفي برامج تطوير نظم الفضاء بأعلى مستوى من الجودة وتجتاز الإختبارات المكثفة. وكما هو الحال مع المنتجات الهندسية الأخرى، تتأثر جودة البرمجيات بنوعية العملية التي يتم إعدادها وبالتالي، هناك حاجة إلى عمليات تطوير البرمجيات لضمان الصفات المطلوبة.

وعلى الرغم من التطورات الحديثة في هندسة البرمجيات نجد العديد من التحديات لا تزال بحاجة إلى معالجة من أجل تحسين التكنولوجيات واللغات والعمليات لتطوير برامج موثوقة تدعم احتياجات صناعة الفضاء.

يعد البحث في هندسة البرمجيات في سياق علوم الفضاء غني جدا ويغطي عدة أبعاد. فتعقيد النظم الفضائية يعكس مباشرة تعقيد تحديات البحوث التي تحتاج إلى

معالجة من أجل تطوير وتشغيل البرنامج بكفاءة وفعالية للتطبيقات ولأجهزة الفضاء. ويمكن تلخيص الآليات المختلفة للتطوير فيمايلي:

- **الجوانب التكنولوجية التنموية للبرامج:** يركز هذا البعد على التكيف مع تكنولوجيات هندسة البرمجيات الموجودة لتناسب احتياجات تطبيقات برمجة الفضاء. ومن المهم فحص وضبط كيفية تطوير البرمجيات كنموذج يمكن إستخدامه في سياق تطوير برمجيات الفضاء. وبالإضافة إلى ذلك، هناك حاجة إلى تكنولوجيا البرامج المتقدمة من أجل مواجهة تحديات مجال الفضاء. على سبيل المثال، نجد أن العديد من أنظمة برمجيات الفضاء الموجودة على الأجهزة هي عبارة عن جهاز تحكم من بُعد ووفقا لذلك يمكن تكييف البرمجيات لتكون مفيدة من أجل تعزيز قدرة البرنامج للتعامل مع المتغيرات والظروف غير المخطط لها خلال عملها.
- **الإختبار والتحقق من البرامج:** وهو إثبات أن أى جزء من البرنامج خالي من الأخطاء. فالبرامج الهامة مثل برنامج الفضاء تتطلب تحقيق مستوى عال جدا من الثقة والصحة. وإختبار البرمجيات والتحقق من الصحة هو النشاط الرئيسي الذي يلعب دورا أساسيا في إنشاء مثل هذه الثقة. ومع ذلك، نرى منهجيات الإختبار التقليدية قاصرة عندما يتعلق الأمر بالتحقق والتثبت من أنظمة البرامج الهامة والمعقدة. والتقدم في هذا المجال أصبح أكثر إلحاحا من أي وقت مضى فالبرمجيات أصبحت جزء حيوي يهيمن على جميع النظم الفضائية في المستقبل.
- **تحليل البيانات:** بطبيعة الحال، يتم إنشاء كمية هائلة من البيانات في أنظمة الفضاء. ويعد جمع البيانات وتخزينها وتحليلها ومعالجتها تحديا حقيقيا في سياق علوم الفضاء. وهناك حاجة إلى خوارزميات متقدمة لمعالجة البيانات في الوقت الحقيقي، وكذا تحليلات البيانات، وتصور البيانات من أجل الإفادة من البيانات في أنظمة الفضاء.
- **الأمن:** مع التطورات الحديثة في هندسة البرمجيات، أصبحت البرمجيات الآن العنصر الأساسي للعمل ولأنظمة التحكم. وأصبح تطوير برامج آمنة وحمايتها

ضد الأخطاء والهجمات أكثر أهمية لكنه يمثل تحديا. وفي سياق علوم الفضاء يعد أمن البرامج التحدي البحثي الأساسي الذي يحتاج إلى معالجة. وهناك حاجة إلى تكنولوجيات وخوارزميات جديدة لتطوير برامج آمنة والتحقق من صحة وإجراءات الأمن في مثل هذه الأنظمة.

صناعة برمجيات الفضاء

إن صناعة برمجيات تكنولوجيا الفضاء أصبحت أحد المؤشرات الأساسية فى تنمية إقتصاد الدول، وأصبح الإعتماد عليها في عملية التنمية الإقتصادية يزداد يوماً بعد يوم، كما تعدّ صناعة برمجيات الفضاء إحدى الركائز الأساسية لتطويرالعمل الذي يسود حالياً في الدول المتقدمة. وتتميز هذه الصناعة، التي تعد إحدى مكونات إقتصاد المعرفة، بمجموعة من الخصائص المتلائمة مع الإقتصاد القائم على صناعة البرمجيات مثل: إرتفاع عائد الدخل القومى للدولة، وتنمية المورد البشري المتكامل علميا هو رأس المال الأول والأهم في هذه الصناعة ويعود ضعف صناعة برمجيات الفضاء إلى العوامل التالية:

- ضعف في البيئة التمكينية وخاصة فيما يتعلق بقانون العقود وتقدير الخبرات النادرة فى هذا المجال
- عدم منح صناعة برمجيات الفضاء أهمية كبيرة في السياسات الإقتصادية الحكومية.
- ضعف تنفيذ ما يرد في الخطط التنموية حول هذه الصناعة.
- نقص في البنية المؤسساتية ومركز التميز الخاصة ببرمجيات الفضاء.
- ضعف البنية التحتية الداعمة لهذه الصناعة.
- حداثة التأهيل الأكاديمي الذي تحتاجه.
- ضعف مؤسسات التدريب وضعف الوعي بأهميتها.
- ضعف مشاركة الصناعة والقطاع الخاص فى مجال برمجات الفضاء.
- ضعف شركات البرمجيات وصغر أحجامها.

- ضعف خبرات وقدرات الترويج والتسويق لديها.
- عدم دخول الاستثمارات الكبيرة إلى هذه الصناعة حتى الآن.

وعلى الرغم من وجود بنية تنظيمية ومؤسسية واضحة إلى حد ما لصناعة برمجيات الفضاء في الدولة، غير أنها بنية غير مكتملة ولم تؤسس تقاليدها ووجودها ودورها في انتزاع دعم كبيرمن الدولة ومن مؤسسات القطاع الخاص بدور هذه الصناعة. وإن معظم الشركات المصرية المنتجة للبرمجيات عموما حديثة الإنشاء، إلا عدد محدود جدا من ذوى الخبرات العالمية، وهذا يشير إلى قصر مدة خبرة تلك الشركات بحاجات السوق ومتطلبات العمل البرمجي، ومعظمها ذات رأس مال صغير ومتوسط مما يؤدي إلى محدودية إمكاناتها، وغالبية هذه الشركات ليس لديها شهادات اعتمادية، ولا تقوم بالتدريب المناسب وخاصة في الخارج بسبب تكاليفه المرتفعة قياساً بقدراتها، كما أن معظمها لا يستخدم طرق الإدارة الحديثة في إدارة مشاريع البرمجيات. ولا تستخدم غالبية الشركات المنتجة للبرمجيات نظاماً لضبط الجودة مما يؤدي إلى ضعف في ضبط جودة المنتج. ويوجد تأثير سلبي كبير لهجرة الكفاءات البرمجية المصرية إلى الخارج على تقييد نمو وتطور صناعة البرمجيات في مصر، وما يزال طلب القطاع الخاص على البرمجيات محدوداً فما زالت معظم شركاته لا تستخدم أكثر من برمجيات بسيطة للمحاسبة والتكاليف، كما أن الحجم الصغير والمتوسط للشركات المستخدمة للبرمجيات يجعلها تشعر أن حاجتها أقل لأنظمة المعلوماتية.

وتعتبر صناعة برمجيات الفضاء إحدى الصناعات الحديثة الهامة في مجتمع المعلومات، ويتطلب الاستثمار فيها تغييرًا في طرق عمل المؤسسات وفي تفاعلها وتساعد هذه الصناعة في خلق فرص عمل جديدة ومتنوعة يصعب حصرها أو التنبؤ بتطورها بسبب سرعة نموها واتساع آثارها، كما تساعد في التنمية المستدامة وتطوير مجتمع المعلومات كما ستتيح هذه الصناعة فرصا ثمينة للتعاون في حل المشاكل التكنولوجية

المتعلقة بالفضاء في البرمجيات المصممة لإنتاج البرمجيات المختلفة للأنظمة المكونة للأقمار الصناعية بمختلف تصنيفاتها سواء كانت صغيرة، متوسطة أو كبيرة.

ومن أبرز العوامل التي تعوق صناعة برمجيات الفضاء فى مصر هو عدم وجود استراتيجيات خاصة بصناعة هذا النوع من البرمجيات، وضعف جهود البحث والتطوير في إستخدام التكنولوجيات الحديثة وتطوير أدواتها، وضعف البيئة التمكينية لمساهمة القطاع الخاص في صناعة مكوناتها.

وكان لابد من تحديد طبيعة كل حزمة من حزم البرمجيات السابقة، وتصنيف معظم هذه البرمجيات عند تطويرها، ووضعها فى احد التصنيفات الآتية:

- الاستعانة بالشركات المحلية والدولية في بناء مكونات النظم Out Source.
- استخدام البرمجيات مفتوحة المصدر (Open Source) والمتاحة دولياً على العديد من المواقع وإجراء بعض الإضافات والتعديلات عليها بما يناسب الأهداف المطلوبة.
- بناء البرامج المطلوبة في الهيئة أو الوكالة (In House Software Development) بما يتناسب مع خبرات الكوادر البشرية وتوفر بعض المكونات في المشاريع السابقة.

وتعتبر مواصفات حزم البرمجيات التى يتم تطويرها بالتعاون مع الشركات المحلية والدولية والتى تتميز بالأرتباط بتكنولوجيات حديثة، وتقوم بالتحكم فى احدى المكونات الصلبة (Hardware Driver) والتى يمكن ان توجد فى إحدى المنظومات سواء الأرضية او الفضائية. نأخذ على سبيل المثال حزمة برمجيات التحكم فى الكمبيوتر الرئيسى للقمر الصناعى (On Board Computer) تشترك تكنولوجيات اللأكترونيات الدقيقة (Nano Technology) فى تصنيع هذا النظام، ويتم تركيب الجزء الخاص بالبرمجيات للتحكم فى هذه الحزمة، ولكن يوجد مرحلة من مراحل التطوير يتم فيها عمل تثبيت للكود الخاص بوظائف هذه الحزمة على شريحة الكترونية بالقمر. لا

يوجد لدينا أى فرصة لشراء هذه الشرائح الإلكترونية مما يدفعنا إلى إسناد تطوير مثل هذه البرمجيات إلى مؤسسات عالمية ويمكن أيضاً إستخدام مفهوم البرمجيات مفتوحة المصدر وذلك لتوافق الأداء مع متطلبات النظام خلال مراحل البناء المختلفة. ويتم التحكم فى بدائل التصميم المتاحة وإتخاذ القرار بخصوصها بناءً على متطلبات الأداء المطلوبة. بالرغم عن ان هذه الطريقة تساعد فى اتخاذ قرارات التصميم الاكثر صوابا إلا إنها لا توفر توقع دقيق لزمن الاستجابة وبدلا عن ذلك تساعد الأفادة في حالة الوصول إلى الحدود الدنيا أو العليا الموضوعة مسبقاً.

ويوضح الجدول رقم (٢) مقارنة بين مميزات وعيوب استخدم البرمجيات مفتوحة المصدر (Open Source) والبرمجيات اتى تم تطويرها بالتعاون مع الشركات (Out Source) ويمكن من خلال هذا التقييم إختيار البديل المناسب للتطوير بناءً على العناصر المحددة.

جدول (٢) : مقارنة بين مميزات وعيوب استخدم البرمجيات مفتوحة المصدر والبرمجيات اتى تم تطويرها بالتعاون مع الشركات.

وجه الاختلاف	البرمجيات مفتوحة المصدر	البرمجيات التجارية
الاتاحة	مجانية	بمقابل مادي
كود المصدر	متاح	مقيد
التعديل	متاح	مقيد
حقوق الملكية	للشخص المطور	للجهة التي انشئت البرنامج
الدعم الفني	توفر الدعم الفني مجانا	الدعم الفني بمقابل مادي
التطوير	سريع	يستغرق وقت اطول
أدلة الاستخدام	متوافرة مع المطور	متوافرة من المورد

الخلاصة والتوصيات

تعتبر تكنولوجيا الفضاء والإستخدام المتنامى لتطبيقات تكنولوجيا الفضاء الركيزة الأساسية لجوانب التنمية المستدامة فى مجال تطبيقات الفضاء والتى تتضمن تنمية إقتصادية وأجتماعية وكذلك تطبيقات الحفاظ على البيئة. وتتزايد أهمية الأقمار الاصطناعية الصغيرة والتعليمية فى دعم تنمية تكنولوجيا الفضاء وكذلك فى النهوض بعلوم الفضاء الأساسية والتكنولوجية ولا سيما من خلال بناء القدرات وإطلاق مبادرات تنمية تكنولوجيا الفضاء الأساسية وذلك من أجل تطوير هذه التكنولوجيا.

ويمكن التوصية بعمل خطة إستراتيجية طويلة الأمد لتطوير وإدارة مسار تكنولوجيا الفضاء فى مصر بدءاً من البنية التحتية للتطوير تتضمن شبكات وطرق تخزين وتتداول البيانات، والبرمجيات والمهارات الأساسية فى إستخدام أدوات البحث والتطوير وذلك فى كلاً من العلوم الأساسية والصناعية. وهناك إرتباط واضح بين الأستثمار فى مثل هذه البنية التحتية والنمو فى مجال تكنولوجيا الفضاء على المدى الطويل.

ويمكن تحديد بعض التوصيات الهامة لتحقيق الأهداف فيما يلي:

- إنشاء مراكز متخصصة لتوطين تكنولوجيا الفضاء ذات مضمون قوى للقطاعات الأكاديمية والصناعية والحكومية مهم جداً لنجاح الإستراتيجية.
- إنشاء هيئة لتنسيق أو كيان واحد يمتلك إدارة تطوير على أن يقدم الإستشارات الإستراتيجية المهمة إلى صناع القرار، ويجب أن يشترك فى رئاسة هذا الكيان صانع القرار في الجامعات والمراكز البحثية والصناعة.
- ترسيخ التدريب فى علوم الفضاء لطلاب الدراسات العليا فى الجامعات على أن يتم إستخدام هذه الخبرات للتدريب فى مجال الصناعة كما كان هذا مناسباً ودعم نشر التقارير وورش العمل الفنية والمؤتمرات المحلية والدولية بتمويل من برنامج التطوير.

- تنفيذ خطة متفق عليها تدرك الحاجة المتوازنة بين كل من الإمكانيات والموارد المحددة للنجاح مستعينة بالدعم الحكومى، مع إمكانية الأستعانة بالقطاع الخاص للمشاركة فى هذا الدعم.
- بناء جميع مكونات البنية التحتية لتطوير برنامج الفضاء تتطلب عاملين من ذو المهارات العالمية للعمل بفاعلية وسوف يتحقق ذلك من خلال التدريب لإعداد المتخصصين المؤهلين والمهندسين بخبرات ومهارات علمية جديدة وتشجيع الأجيال الجديدة من المتخصصين والأجيال القادمة للباحثين فى هذا المجال.
- فى مجال تطوير برمجيات الفضاء يجب إنشاء مجموعات عمل متعددة منها المبرمجيين المتخصصين ومهندسى البحث والتطوير فى قطاع الصناعة والعلماء المتميزين في المجال.

إن توطين تكنولوجيا الفضاء المصرى يحتاج إلى تطوير عدد من شباب الباحثين القادرين على التعامل مع تطور تكنولوجيا الفضاء الرائدة عالية الأداء بشكل علمى ناجح وهذا ينبغى أن يكون مرتبط بالبرامج التدريبية الحديثة للعلوم والتكنولوجيا فى المراكز المتخصصة وعمل شراكات مع الجامعات المتخصصة للهندسة والتكنولوجيا ومراكز الصناعة المتخصصة على أن يتم الاستعانة بمهندسي مراكز الصناعة لعرض أحدث المكونات المستخدمة وربطها ببرامج التدريب بالجامعات على أن يكمل بعضهم بعض فى خدمة توطين تكنولوجيا الفضاء في جمهورية مصر العربية.

المراجع

1. "Multiscale Satellite Image Classification Using Deep Learning Approach" Noureldin Laban, Bassam Abdellatif, Hala M Ebied, Howida A Shedeed, Mohamed F Tolba, 2020 Studies in Computational Intelligence, 836, pp. 156-186.
2. "Reduced 3-D Deep Learning Framework for Hyperspectral Image Classification" Noureldin Laban, Bassam Abdellatif, Hala M Ebied, Howida A Shedeed, Mohamed F Tolba, 2020 Advances in Intelligent Systems and Computing, 921, pp. 13-22.
3. "Comparative Analysis of Unmixing Algorithms Using Synthetic Hyperspectral Data" Menna M Elkholy, Marwa Mostafa, Hala M Ebeid, Mohamed F Tolba, 2020 Advances in Intelligent Systems and Computing 921, pp. 945-955.
4. "Seasonal Multi-temporal Pixel Based Crop Types and Land Cover Classification for Satellite Images using Convolutional Neural Networks" Noureldin Laban, Bassam Abdellatif, Hala M Ebied, Howida A Shedeed, Mohamed F Tolba, 2019 Proceedings – 2018 13th International Conference on Computer Engineering and Systems, ICCES 2018 8639232, pp. 21-26.
5. "Machine Learning for Enhancement Land Cover and Crop Types Classification" Noureldin Laban, Bassam Abdellatif, Hala M Ebied, Howida A Shedeed, Mohamed F Tolba, 2019 Proceedings – 2019 Studies in Computational Intelligence, 801, pp. 71-87.
6. "Performance enhancement of satellite image classification using a convolutional neural network" Noureldin Laban, Bassam Abdellatif, Hala M Ebied, Howida A Shedeed, Mohamed F Tolba, 2019 Proceedings – 2018 Advances in Intelligent Systems and Computing, 639, pp. 673-682.
7. "Improving land-cover and crop-types classification of sentinel-2 satellite images" Noureldin Laban, Bassam Abdellatif, Hala M Ebied, Howida A Shedeed, Mohamed F Tolba, 2019 Proceedings – 2018 Advances in Intelligent Systems and Computing, 723, pp. 449-458.
8. "Acceleration of super-resolution for multispectral images using self-example learning and sparse representation" Marwa S Moustafa, Hala M Ebied, Ashraf K Helmy, Taymoor M Nazamy, Mohamed F Tolba, 2017 Computers and Electrical Engineering, 62, pp. 249-265.
9. "Parallel Implementation of Super-Resolution Based Neighbor Embedding Using GPU" Marwa S Moustafa, Hala M Ebied, Ashraf K Helmy, Taymoor M Nazamy, Mohamed F Tolba, 2017 Advances in Intelligent Systems and Computing 533, pp. 628-638.
10. "Rapid real-time generation of super-resolution hyperspectral images through compressive sensing and GPU" Marwa S Moustafa, Hala M Ebied, Ashraf K Helmy, Taymoor M Nazamy, Mohamed F Tolba, 2016 International Journal of Remote Sensing, 37(18): 4201-4224.

11. Christian Stier, Henning Groenda, Ensuring model continuity when simulating self-adaptive software systems, Proceedings of the Modeling and Simulation of Complexity in Intelligent, Adaptive and Autonomous Systems 2016 (MSCIAAS 2016) and Space Simulation for Planetary Space Exploration (SPACE 2016), pp. 1-8, April 03-06, 2016, Pasadena, California
12. Han Nguyen Ho, Eunseok Lee, Model-based reinforcement learning approach for planning in self-adaptive software system, Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, pp. 1-8, January 08-10, 2015, Bali, Indonesia
13. Mukhtiar Memon, Gordhan D. Menghwar, Mansoor H. Depar, Akhtar A. Jalbani, Waqar M. Mashwani, "Security modeling for service-oriented systems using security pattern refinement approach", Software & Systems Modeling, May 2014, Vol. 13, Issue 2, pp. 549–572.
14. Mona Batra, Amit Malik, Meenu Dave, "Formal methods: benefits, challenges and future direction", Journal of Global Research in Computer Science, Vol. 4, No. 5, May 2013.
15. R. Feldt, R. Torkar, E. Ahmad and B. Raza, "Challenges with Software Verification and Validation Activities in the Space Industry," 2010 Third International Conference on Software Testing, Verification and Validation, Paris, 2010, pp. 225-234.