الإنترنت عبر الأقمار الصناعية
تقرير شامل ومفصّل حول تقنية إرسال الإنترنت الفضائي: المبدأ، المكوّنات، المدارات، الأنظمة العالمية، والمستقبل
إعداد
ولاء نوري محمد

محاور العرض

- مقدمة: ما هو الإنترنت الفضائي؟
- مقارنة الأداء بين المدارات
- آلية العمل ومكوّنات النظام
- أشهر الأنظمة والشركات العالمية
- أنواع المدارات والترددات
- المزايا والتحديات والتطبيقات والمستقبل

مقدمة: ما هو الإنترنت عبر القمر الصناعي؟

الإنترنت الفضائي هو خدمة اتصال بشبكة الإنترنت تُنقَل فيها البيانات لاسلكياً عبر أقمار صناعية تدور حول الأرض، بدلاً من الكابلات الأرضية أو أبراج الاتصالات الخلوية.

في الفضاء: تستقبل (Relay) تعمل الأقمار كمحطات ترحيل الإشارة من محطة أرضية متصلة بالشبكة العالمية، ثم تعيد بثّها نحو طبق الاستقبال لدى المستخدم أينما كان.

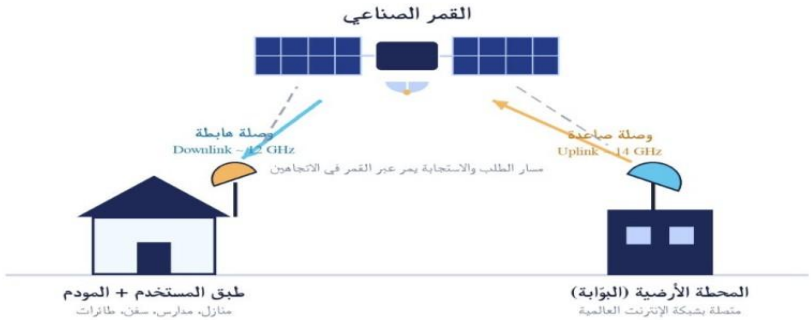
الأهمية الكبرى لهذه التقنية أنها تصل إلى الأماكن التي يستحيل أو يصعب مدّ البنية التحتية إليها: الصحارى، الجبال، الجزر، السفن، والطائرات.

مليار 2.2
إنسان حول العالم ما يزالون خارج تغطية الإنترنت

100%
من سطح الأرض يمكن تغطيته نظرياً بالأقمار الصناعية

1990s
بدأت الخدمة تجارياً ثم قفزت مع كوكبات المدار المنخفض

آلية العمل: رحلة البيانات من الأرض إلى الفضاء



1. يرسل جهاز المستخدم الطلب عبر المودم إلى طبق الإرسال.
2. يبثّ الطبق الإشارة نحو القمر الصناعي (الوصلة الصاعدة).
3. يعيد القمر توجيه الإشارة إلى المحطة الأرضية المتصلة بالإنترنت.
4. تعود الاستجابة بالمسار نفسه عبر الوصلة الهابطة إلى المستخدم.

تقطع الإشارة المسافة بسرعة الضوء، لذا يعتمد زمن الاستجابة (Latency) بشكل مباشر على ارتفاع مدار القمر.

مكوّنات منظومة الإنترنت الفضائي

القمر الصناعي
قلب المنظومة؛ يحمل أجهزة إعادة الإرسال (Transponders) وهوائيات وألواحاً شمسية للطاقة.

المحطة الأرضية (البوّابة)
Gateway ضخمة تربط شبكة الأقمار بالعمود الفقري للإنترنت العالمي بأطباق كبيرة.

طبق المستخدم (VSAT)
هوائي صغير لدى المشترك يرسل ويستقبل؛ في الأنظمة الحديثة يوجّه نفسه إلكترونياً.

المودم والراوتر
يحوّل الإشارة الفضائية إلى بيانات رقمية ويوزّعها داخل المنزل عبر Wi-Fi أو الكابل.

الحزم الترددية المستخدمة في الاتصالات الفضائية

الحزمة	المدى الترددي	نقاط القوة	نقاط الضعف	أبرز الاستخدامات
C	4 – 8 GHz	مقاومة عالية للأمطار	تتطلب أطباقاً كبيرة	الاتصالات الحكومية والقنوات القديمة
Ku	12 – 18 GHz	توازن جيد بين السعة والحجم	تأثر متوسط بالطقس	البث التلفزيوني وإنترنت GEO التقليدي
Ka	26 – 40 GHz	سعات نقل عالية جداً	حساسية أعلى للمطر الغزير	ستارلينك وقياسات والأنظمة الحديثة
V	40 – 75 GHz	عرض نطاق هائل	تقنيات ما تزال قيد التطوير	الجيل القادم من الكوكبات الضخمة

كلما ارتفع التردد زادت سعة نقل البيانات، مقابل حساسية أكبر لظروف الطقس (ظاهرة توهين المطر Rain Fade).

6

أنواع المدارات: أين يقع القمر الصناعي؟

GEO — المدار الثابت

يدور مع الأرض فيبدو ثابتاً في السماء؛ قمر واحد يغطي ثلث الكوكب، لكن بُعده يسبب تأخيراً ملحوظاً.

MEO — المدار المتوسط

حل وسط بين التغطية وزمن الاستجابة؛ تستخدمه أنظمة مثل O3b وأنظمة الملاحة GPS.

LEO — المدار المنخفض

قريب من الأرض فيمنح استجابة سريعة، لكنه يتطلب آلاف الأقمار المتحركة لتغطية مستمرة.

7

مقارنة الأداء: زمن الاستجابة حسب المدار

زمن الاستجابة

المدار المنخفض LEO يحقق 20–40 ms فقط، وهو مناسب للألعاب ومكالمات الفيديو، مقابل ~600 ms في GEO.

السرعات العملية

أنظمة LEO الحديثة تقدّم 50–250 Mbps للمستخدم المنزلي، وقد تتجاوز 1 Gbps في الخدمات المتقدمة.

عدد الأقمار المطلوب

قمر GEO واحد يغطي قارة كاملة، بينما تحتاج كوكبة LEO إلى آلاف الأقمار المتناسقة.

8

أشهر أنظمة الإنترنت الفضائي في العالم

النظام	الشركة	المدار	حجم الكوكبة	أبرز ما يميزه
Starlink	SpaceX	LEO ~550 كم	أكثر من 7,000 قمر	الأوسع انتشاراً؛ سرعات 50–250 Mbps وخدمة مباشرة للهواتف قيد التوسع
OneWeb	Eutelsat	LEO ~1,200 كم	قمراً 630~	يركّز على الشركات والحكومات والاتصالات البحرية
Amazon Leo (Kuiper)	Amazon	LEO ~600 كم	قمر مخطط 3,200~	منافس ضخم قادم مدعوم ببنية أمازون السحابية AWS
Viasat	Viasat	GEO	عدد قليل عالي القدرة	عالية السعة تخدم الطيران والمنازل أقمار GEO
HughesNet	EchoStar	GEO	كبيرة GEO أقمار	من أقدم مزوّدي الخدمة المنزلية في الأمريكيتين

9

مزايا الإنترنت عبر الأقمار الصناعية

تغطية شاملة
الوصول إلى أي نقطة على سطح الأرض بما فيها المحيطات والقطبين.

سرعة النشر
تفعيل الخدمة خلال ساعات دون حفر أو مدّ كابلات أو بناء أبراج.

تجاوز التضاريس
لا تعيقه الجبال ولا الصحارى ولا غياب البنية التحتية الأرضية.

صمود في الكوارث
يبقى يعمل عند انهيار الشبكات الأرضية بالزلازل والفيضانات والحروب.

خدمة المتحركات
الحل العملي الوحيد للسفن والطائرات والقوافل في عرض البحر والجو.

سدّ الفجوة الرقمية
إيصال التعليم والصحة والخدمات الرقمية لسكان الأرياف والمناطق النائية.

التحديات والعيوب

التأثر بالطقس
المطر الغزير والعواصف تُضعف الإشارة (Rain Fade) خصوصاً في حزمة Ka.

زمن الاستجابة في GEO
التأخير ~600 ms يجعل الألعاب والمكالمات التفاعلية صعبة عبر المدار الثابت.

التكلفة
أسعار الأجهزة والاشتراك أعلى غالباً من الألياف الضوئية والشبكات الأرضية.

الازدحام الفضائي
آلاف الأقمار ترفع مخاطر الحطام الفضائي وتزعج الرصد الفلكي.

سقوف الاستهلاك
بعض الخطط تفرض حدوداً للبيانات أو تخفّض السرعة في أوقات الذروة.

حاجة لخط رؤية مباشر
يجب أن يرى الطبق السماء بوضوح؛ الأشجار والمباني تقطع الاتصال.

أبرز التطبيقات والاستخدامات

المناطق النائية
إنترنت منزلي للأرياف والقرى البعيدة عن الشبكات.

الملاحة البحرية
اتصال السفن التجارية والسياحية ومنصات النفط.

الطيران
خدمة Wi-Fi للركاب واتصالات الطائرات فوق المحيطات.

الطوارئ والإغاثة
شبكات فورية لفرق الإنقاذ عند الكوارث الطبيعية.

الدفاع والأمن
اتصالات عسكرية آمنة ومستقلة عن البنية المحلية.

الزراعة وإنترنت الأشياء
ربط الحساسات والمعدات الذكية في الحقول البعيدة.

مستقبل الإنترنت الفضائي

الاتصال المباشر بالهاتف
خدمات Direct-to-Cell تربط الهواتف العادية بالقمر مباشرة دون طبق، للرسائل ثم المكالمات والبيانات.

الوصلات الليزرية البينية
أشعة ليزر بين الأقمار تنقل البيانات في الفضاء دون المرور بمحطات أرضية، فتقل زمن الاستجابة عبر القارات.

الكوكبات العملاقة
عشرات الآلاف من الأقمار المخطط إطلاقها عالمياً، مع انخفاض تكلفة الإطلاق بفضل الصواريخ القابلة لإعادة الاستخدام.

فكرة المشروع

إنشاء محطة أرضية (Gateway) تستقبل الإنترنت من مزود عالمي، ثم ترسل البيانات إلى قمر صناعي، ومنه إلى محطات المشتركين في جميع المحافظات.

مكونات المشروع

1. **المحطة الأرضية الرئيسية (Gateway)**

- هوائيات أرضية كبيرة (طبق بقطر 3–9 أمتار أو أكثر حسب النظام).
- أجهزة إرسال واستقبال فضائية.
- مركز بيانات (Data Center).
- خوادم (Servers).
- جدران حماية (Firewalls).
- راوترات احترافية.
- سويتشات.

2. **القمر الصناعي**

- يمكن استئجار سعة من قمر صناعي موجود، أو التعاون مع شركة توفر الإنترنت الفضائي، بدل إطلاق قمر صناعي جديد لأن ذلك يكلف مئات الملايين إلى مليارات الدولارات.

3. **محطات المشتركين**
كل مشترك يحتاج إلى:

- طبق استقبال.
- جهاز إرسال واستقبال (VSAT أو Terminal).
- راوتر Wi-Fi.

هل أحتاج راوترات كثيرة؟

إذا كان المشروع يغطي العراق كله، فالإجابة نعم، لكن ليس لأن كل مستخدم يحتاج راوترًا في المحطة الرئيسية.

في مركز البيانات قد تحتاج تقريبًا إلى:

- 2 راوترات أساسية (Core Routers) تعملان بتكرار (Redundancy).
- 4 إلى 8 راوترات لتوزيع الحركة حسب عدد المشتركين.
- سويتشات Core وDistribution.
- أجهزة حماية.

أما عند المشتركين، فكل مشترك يستخدم راوتره الخاص داخل منزله أو شركته.

المعدات الرئيسية

- هوائيات أرضية.
- Satellite Modems.
- Core Routers.
- Layer 3 Switches.
- Firewalls.
- Servers.
- نظام مراقبة الشبكة (NMS).
- مولدات كهرباء.
- UPS.
- أجهزة تبريد.

إذا كان المشروع يخدم مليون مستخدم

ستحتاج إلى:

- أكثر من محطة أرضية (وليس محطة واحدة فقط) لضمان الاعتمادية.
- أكثر من وصلة إنترنت دولية.
- عدة هوائيات أرضية.
- مركز بيانات متطور.
- فريق تشغيل يعمل على مدار الساعة.

الجهات التي تحتاج التنسيق معها

- هيئة الإعلام والاتصالات العراقية (للتراخيص).
- وزارة الاتصالات.
- مزودون عالميون لسعات الإنترنت.
- شركات تشغيل الأقمار الصناعية.

رأيي للمشروع

إذا كان هذا المشروع موجهًا لجهة حكومية أو استثمار وطني، فمن الأفضل تصميمه على مراحل:

1. دراسة الجدوى.
2. التصميم الهندسي.
3. إنشاء المحطة الأرضية.
4. التعاقد على السعة الفضائية.
5. التشغيل التجريبي.
6. التوسع تدريجيًا ليشمل جميع المحافظات.

1. الملخص التنفيذي

يهدف المشروع إلى إنشاء منظومة وطنية متكاملة لتوفير خدمات الإنترنت الفضائي عالي السرعة لجميع محافظات العراق، بما يشمل المدن والأرياف والمناطق النائية، من خلال إنشاء محطة أرضية رئيسية (Gateway Earth Station) وربطها بالأقمار الصناعية العالمية لتقديم خدمة مستقرة وآمنة للمؤسسات الحكومية والقطاع الخاص والمواطنين.

يُنفذ المشروع وفق معايير دولية تضمن استمرارية الخدمة، وقابلية التوسع، والأمن السيبراني، مع مراعاة متطلبات هيئة الإعلام والاتصالات العراقية والجهات التنظيمية ذات العلاقة.

2. أهداف المشروع

- توفير الإنترنت في جميع أنحاء العراق.
- تغطية المناطق التي لا تصلها شبكات الألياف الضوئية.
- دعم المؤسسات الحكومية بخدمة مستقرة.
- توفير خدمة للطوارئ والكوارث.
- دعم المدارس والجامعات والمستشفيات.
- تقليل الاعتماد على البنية التحتية الأرضية.
- إنشاء بنية تحتية قابلة للتوسع مستقبلاً.

---

3. نطاق المشروع

يشمل المشروع:

- محطة أرضية رئيسية.
- مركز بيانات وطني.
- شبكة اتصالات داخلية.
- نظام مراقبة وتشغيل.
- منظومة حماية إلكترونية.
- مراكز احتياطية للتعافي من الكوارث.
- محطات طرفية للمشتركين.

4. البنية العامة للمشروع

يتكون النظام من:

1. الإنترنت العالمي.
2. محطة أرضية رئيسية.
3. القمر الصناعي.
4. محطات استقبال المشتركين.
5. شبكة Wi-Fi الداخلية.

---

5. مكونات المحطة الأرضية

أولاً: الهوائيات

- عدد 2 هوائي رئيسي بقطر 9–13 متر.
- عدد 2 هوائي احتياطي.
- أنظمة تتبع آلية.

ثانياً: أجهزة الإرسال والاستقبال

- Up Converter
- Down Converter
- High Power Amplifier (HPA)
- Low Noise Amplifier (LNA)
- Satellite Modems

ثالثاً: مركز البيانات

يتضمن:

- Rack Cabinets
- Blade Servers
- Storage Servers
- Backup Servers
- DNS Servers
- Authentication Servers
- Billing Servers
- Monitoring Servers

رابعاً: الشبكات

- Core Routers
- Distribution Routers
- Layer 3 Switches
- Fiber Backbone
- MPLS Network

خامساً: الأمن السيبراني

- Firewalls
- IDS
- IPS
- SIEM
- VPN
- DDoS Protection

سادساً: الطاقة

- UPS
- مولدات ديزل
- بطاريات احتياطية
- منظومة طاقة شمسية مساندة (اختيارية)

7. المحافظات المستهدفة

المرحلة الأولى:

- بغداد
- البصرة
- نينوى
- أربيل
- كربلاء
- النجف

المرحلة الثانية:

- بقية المحافظات.

8. سرعة الخدمة

يمكن تقديم باقات مثل:

- 50 Mbps
- 100 Mbps
- 300 Mbps
- 500 Mbps
- 1 Gbps للمؤسسات.

9. الفئات المستهدفة

- الوزارات.
- المؤسسات الأمنية.
- المستشفيات.
- الجامعات.
- المدارس.
- الشركات.
- المنازل.
- المصارف.
- شركات النفط.

10. الكوادر المطلوبة

- مدير مشروع.
- مهندسو اتصالات.
- مهندسو شبكات.
- مهندسو أقمار صناعية.
- مهندسو كهرباء.
- مختصو أمن سيبراني.
- فنيو صيانة.
- مركز اتصال يعمل على مدار الساعة.

1. المقدمة

يشهد قطاع الاتصالات العالمي تحولًا متسارعًا نحو تقنيات الاتصالات الفضائية باعتبارها أحد أهم الحلول لتوفير خدمات الإنترنت في المناطق التي يصعب الوصول إليها بواسطة شبكات الألياف الضوئية أو الأبراج الأرضية.

ويهدف هذا المشروع إلى إنشاء منظومة وطنية متكاملة للإنترنت الفضائي تعتمد على أحدث التقنيات العالمية، بما يحقق تغطية شاملة لجميع محافظات العراق، مع توفير خدمة مستقرة وآمنة وعالية الاعتمادية للمؤسسات الحكومية والقطاع الخاص والمواطنين.

كما يسهم المشروع في تعزيز الأمن الوطني الرقمي، ودعم التحول الرقمي، وضمان استمرارية خدمات الاتصالات في الظروف الاستثنائية والطوارئ.

2. أهمية المشروع

يمثل المشروع أحد المشاريع الاستراتيجية التي تواكب التطور العالمي في قطاع الاتصالات، ويحقق مجموعة من الأهداف الوطنية، منها:

- تقليل الفجوة الرقمية بين المدن والمناطق الريفية.
- توفير خدمات الإنترنت في المناطق الصحراوية والحدودية.
- دعم مشاريع الحكومة الإلكترونية.
- تعزيز جاهزية الدولة في إدارة الأزمات.
- تحسين جودة الخدمات التعليمية والصحية الإلكترونية.
- توفير بنية اتصالات احتياطية عند تعطل الشبكات الأرضية.
- جذب الاستثمارات في قطاع الاتصالات وتقنية المعلومات.

---

3. مبررات تنفيذ المشروع

أ- المبررات الفنية

- وجود مناطق لا تصل إليها شبكات الألياف الضوئية.
- تعرض بعض الشبكات الأرضية للانقطاع نتيجة الظروف الجوية أو الأعمال التخريبية.
- الحاجة إلى شبكة اتصالات احتياطية مستقلة.

ب- المبررات الاقتصادية

- دعم الاقتصاد الرقمي.
- تحسين بيئة الاستثمار.
- توفير خدمات اتصالات للمشاريع النفطية والزراعية والصناعية.
- تقليل خسائر انقطاع خدمات الإنترنت.

ج- المبررات الأمنية

- ضمان استمرارية الاتصالات الحكومية.
- توفير شبكة مستقلة للطوارئ.
- تعزيز أمن المعلومات والبنية التحتية الوطنية.

4. تحليل الوضع الحالي

يعتمد العراق بصورة رئيسية على:

- شبكات الألياف الضوئية.
- شبكات الهاتف النقال.
- مزودي خدمة الإنترنت المحليين.
- الربط الدولي عبر دول الجوار.

ويواجه هذا النموذج تحديات تشمل:

- تفاوت جودة الخدمة بين المحافظات.
- ضعف التغطية في بعض المناطق.
- تأثر الشبكات بالأعطال والكوارث.
- الحاجة إلى مسارات احتياطية مستقلة.

5. الاحتياجات الوطنية

استنادًا إلى طبيعة العراق ومساحته وتنوع تضاريسه، يحتاج المشروع إلى خدمة عدة قطاعات رئيسية، منها:

- الوزارات والهيئات الحكومية.
- القوات الأمنية.
- المستشفيات.
- المدارس والجامعات.
- المنافذ الحدودية.
- المطارات.
- شركات النفط والغاز.
- المصارف.
- مشاريع الطاقة.
- المناطق الريفية والنائية.

---

6. تحليل الطلب المتوقع

من المتوقع أن يزداد الطلب على خدمات الإنترنت الفضائي نتيجة:

- التوسع في الخدمات الحكومية الإلكترونية.
- انتشار التعليم الإلكتروني.
- تطور تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
- التحول نحو المدن الذكية
- توسع انترنت الأشياء (IoT)

وأقترح إضافة فكرة تجعل المشروع مميزًا

بدلاً من الاعتماد على محطة أرضية واحدة فقط، يمكن تصميم بنية أكثر اعتمادية تتضمن:

- محطة رئيسية في بغداد.
- محطة احتياطية في محافظة أخرى لضمان استمرارية الخدمة في حال حدوث عطل أو كارثة.
- مركز بيانات رئيسي ومركز احتياطي.
- نظام مراقبة وتشغيل يعمل على مدار الساعة (24/7).
- ربط مباشر مع مزودي السعات الدولية.

هذا التصميم يتماشى مع أفضل الممارسات في البنية التحتية الوطنية للاتصالات.

طريقة العمل

حتى تكون النتيجة بمستوى استشاري حقيقي، أقترح أن ننجزها على مراحل:

1. دراسة الجدوى والاحتياجات.
2. التصميم الهندسي.
3. المواصفات الفنية.
4. دراسة التكاليف.
5. إدارة المشروع والمخاطر.

الفصل السادس

الدراسة المالية والتقدير الأولي للتكاليف

مشروع إنشاء المنظومة الوطنية للإنترنت الفضائي في العراق

أولاً: الافتراضات الأساسية

تم إعداد التقديرات على أساس:

- محطة أرضية رئيسية (Gateway) في بغداد.
- مركز بيانات رئيسي.
- مركز احتياطي للتعافي من الكوارث.
- التعاقد مع مشغل أقمار صناعية عالمي (بدل إطلاق قمر صناعي عراقي).
- خدمة أولية تستهدف المؤسسات الحكومية، مع إمكانية التوسع لاحقًا.

ثانياً: التكاليف الرأسمالية (CAPEX)

البند	التكلفة التقديرية (دولار أمريكي)
شراء الأرض وتجهيز الموقع (إن لزم)	5–20 مليون
إنشاء مبنى المحطة الأرضية	15–30 مليون
إنشاء مركز البيانات الرئيسي	20–40 مليون
مركز التعافي من الكوارث	15–30 مليون
الهوائيات الأرضية الكبيرة	10–25 مليون
معدات الاتصالات الفضائية	20–50 مليون
أجهزة الشبكات (Core Routers / Switches)	10–30 مليون
أنظمة الأمن السيبراني	5–15 مليون
أنظمة الطاقة (UPS والمولدات)	8–20 مليون
أنظمة التبريد	3–10 مليون
نظام المراقبة والتحكم (NMS)	2–8 مليون
الألياف الضوئية داخل الموقع	2–5 مليون
التراخيص والدراسات والاستشارات	5–15 مليون

6. تحليل الطلب المتوقع

من المتوقع أن يزداد الطلب على خدمات الإنترنت الفضائي نتيجة:

- التوسع في الخدمات الحكومية الإلكترونية.
- انتشار التعليم الإلكتروني.
- تطور تطبيقات الذكاء الاصطناعي.
- التحول نحو المدن الذكية.
- توسع إنترنت الأشياء (IoT).

لذلك ينبغي أن تُصمم المنظومة بحيث تكون قابلة للتوسع مستقبلًا.

---

7. المستفيدون

المستفيدون الرئيسيون:

- وزارة الاتصالات.
- الوزارات الأخرى.
- المحافظات.
- الشركات العامة.
- القطاع الخاص.
- المواطنين.

8. دراسة البدائل

البديل الأول:
الاستمرار بالاعتماد على الشبكات الأرضية فقط.

- أقل كلفة مبدئيًا.
- لا يوفر تغطية كاملة.
- لا يحقق الاستمرارية في حالات الطوارئ.

البديل الثاني:
الاعتماد الكامل على الإنترنت الفضائي.

- تغطية واسعة.
- تكلفة أعلى.
- لا يكون الخيار الأمثل لجميع الاستخدامات.

البديل الثالث (الموصى به):
إنشاء منظومة هجينة تجمع بين الشبكات الأرضية والإنترنت الفضائي.

- أعلى اعتمادية.
- أفضل استمرارية للخدمة.
- مرونة في التوسع.
- تحسين الأداء وتقليل المخاطر.

سادساً: تحليل المخاطر المالية

- تغير أسعار المعدات وسعر الصرف.
- ارتفاع تكلفة استئجار السعات الفضائية.
- التأخير في التنفيذ.
- تغير اللوائح التنظيمية.
- انخفاض الطلب عن المتوقع في المراحل الأولى.

توصية فنية

إذا كان المشروع يُعرض على **وزارة الاتصالات العراقية**، فأوصي بأن تكون الدراسة مبنية على **تنفيذ مرحلي**، لأن البدء بمشروع يغطي العراق بالكامل منذ اليوم الأول يرفع الكلفة والمخاطر.

المرحلة الأولى (Pilot):

- محطة أرضية رئيسية.
- مركز بيانات.
- خدمة تستهدف الوزارات والجهات الأمنية والمستشفيات.
- تقييم الأداء قبل التوسع.

ثم تُنفذ مراحل لاحقة لتوسيع التغطية تدريجيًا حسب الحاجة والميزانية.

ثانياً: التكاليف الرأسمالية (CAPEX)

البند	التكلفة التقديرية (دولار أمريكي)
شراء الأرض وتجهيز الموقع (إن لزم)	5–20 مليون
إنشاء مبنى المحطة الأرضية	15–30 مليون
إنشاء مركز البيانات الرئيسي	20–40 مليون
مركز التعافي من الكوارث	15–30 مليون
الهوائيات الأرضية الكبيرة	10–25 مليون
معدات الاتصالات الفضائية	20–50 مليون
أجهزة الشبكات (Core Routers / Switches)	10–30 مليون
أنظمة الأمن السيبراني	5–15 مليون
أنظمة الطاقة (UPS والمولدات)	8–20 مليون
أنظمة التبريد	3–10 مليون
نظام المراقبة والتحكم (NMS)	2–8 مليون
الألياف الضوئية داخل الموقع	2–5 مليون
التراخيص والدراسات والاستشارات	5–15 مليون

الفصل العاشر

تحليل المخاطر لمشروع المنظومة الوطنية للإنترنت الفضائي

أولًا: المخاطر الفنية

1. انقطاع الاتصال مع القمر الصناعي

- **التأثير:** توقف الخدمة أو انخفاض جودتها.
- **إجراءات التخفيف:** التعاقد مع أكثر من قمر صناعي، واستخدام مسارات احتياطية (Redundancy).

2. الأحوال الجوية

- **التأثير:** قد تؤثر الأمطار الغزيرة أو العواصف على جودة الإشارة، خاصة في بعض نطاقات التردد.
- **إجراءات التخفيف:** اختيار ترددات مناسبة، وتصميم الوصلات بهامش احتياطي (Link Margin)، واستخدام تقنيات تصحيح الأخطاء.

3. الأعطال في المحطة الأرضية

- **التأثير:** انقطاع الخدمة عن عدد كبير من المستخدمين.
- **إجراءات التخفيف:** إنشاء محطة احتياطية، وتوفير أجهزة بديلة جاهزة للعمل.

ثانيًا: المخاطر الأمنية

1. الهجمات السيبرانية

- محاولات اختراق الشبكة.
- هجمات حجب الخدمة (DDoS).
- البرمجيات الخبيثة.

التخفيف:

- جدران حماية متقدمة.
- أنظمة كشف ومنع التسلل.
- مركز عمليات أمنية (SOC).
- تحديثات أمنية مستمرة.

ثالثًا: المخاطر المالية

- ارتفاع أسعار المعدات.
- زيادة تكلفة استئجار السعات الفضائية.
- تقلب أسعار العملات.
- تأخر التمويل.

التخفيف:

- تخصيص احتياطي مالي للطوارئ.
- عقود طويلة الأجل مع الموردين عند الإمكان.
- مراجعة الميزانية دوريًا.

سادسًا: المخاطر البيئية

- انقطاع الكهرباء.
- ارتفاع درجات الحرارة.
- العواصف الرملية.

التخفيف:

- مولدات كهربائية.
- أنظمة UPS.
- أنظمة تبريد صناعية.
- تصميم يحمي المعدات من الغبار.

سابعًا: المخاطر الاستراتيجية

- ظهور تقنيات أحدث تغير طبيعة السوق.
- دخول منافسين يقدمون خدمات أفضل أو أقل تكلفة.
- تغير احتياجات المستخدمين.

التخفيف:

- تصميم المنظومة بحيث تكون قابلة للتطوير.
- مراجعة الخطة الاستراتيجية بشكل دوري.

5. الاحتياجات الوطنية

استنادًا إلى طبيعة العراق ومساحته وتنوع تضاريسه، يحتاج المشروع إلى خدمة عدة قطاعات رئيسية، منها:

- الوزارات والهيئات الحكومية.
- القوات الأمنية.
- المستشفيات.
- المدارس والجامعات.
- المنافذ الحدودية.
- المطارات.
- شركات النفط والغاز.
- المصارف.
- مشاريع الطاقة.
- المناطق الريفية والنائية.

مصفوفة تقييم المخاطر (Risk Matrix)

الخطر	احتمال الحدوث	حجم التأثير	مستوى الخطورة
انقطاع الاتصال	متوسط	مرتفع	مرتفع
الأحوال الجوية	متوسط	متوسط	متوسط
هجوم سيبراني	مرتفع	مرتفع	مرتفع جدًا
انقطاع الكهرباء	متوسط	مرتفع	مرتفع
ارتفاع التكاليف	مرتفع	متوسط	مرتفع
تأخر التراخيص	متوسط	مرتفع	مرتفع
أعطال الأجهزة	متوسط	متوسط	متوسط

التوصية

لرفع موثوقية المشروع، يُنصح بتطبيق مبدأ **الاعتمادية العالية (High Availability)**، وذلك من خلال:

- إنشاء محطة أرضية احتياطية في موقع جغرافي مختلف.
- استخدام أكثر من مزود للسعات الفضائية عند الإمكان.
- إنشاء مركز بيانات احتياطي.
- تطبيق أعلى معايير الأمن السيبراني.
- وضع خطة للتعافي من الكوارث واستمرارية الأعمال (Disaster Recovery & Business Continuity).

9. التوصيات الأولية

يوصى بتنفيذ المشروع على مراحل تبدأ بإنشاء محطة أرضية رئيسية ومركز بيانات وطني، ثم التوسع التدريجي وفق أولويات المحافظات واحتياجات القطاعات الحكومية، مع اعتماد تصميم يضمن إمكانية إضافة محطات جديدة وسعات إضافية مستقبلًا.

ملاحظتي كمستشار للمشروع

إذا كان الهدف أن تكون الدراسة بمستوى وزارة الاتصالات، فأقترح أن لا نعتمد على فكرة **إطلاق قمر صناعي عراقي** في المرحلة الأولى، لأن ذلك يتطلب استثمارات ضخمة وزمنًا طويلًا. الخيار الأكثر واقعية هو إنشاء **محطات أرضية وطنية** والتعاقد على السعات مع مشغلي الأقمار الصناعية العالميين، ثم دراسة إطلاق قمر وطني في مرحلة مستقبلية إذا أثبت المشروع جدواه.

كيف يعمل الإنترنت عبر الأقمار الصناعية
القمر الصناعي
1 ترسل محطة الإرسال الإشارة (الإنترنت) إلى القمر الصناعي
2 يستقبل القمر الصناعي الإشارة ويرسلها إلى محطة أرضية أخرى
3 ترسل المحطة الأرضية الأخرى الإشارة إلى شبكة الإنترنت
الإنترنت العالمي
محطة الإرسال (المحطة الأرضية)
4 يستقبل المستخدم الإشارة عبر طبق استقبال ويتم توفير خدمة الإنترنت

ثانياً: التكاليف الرأسمالية (CAPEX)

البند	التكلفة التقديرية (دولار أمريكي)
شراء الأرض وتجهيز الموقع (إن لزم)	5–20 مليون
إنشاء مبنى المحطة الأرضية	15–30 مليون
إنشاء مركز البيانات الرئيسي	20–40 مليون
مركز التعافي من الكوارث	15–30 مليون
الهوائيات الأرضية الكبيرة	10–25 مليون
معدات الاتصالات الفضائية	20–50 مليون
أجهزة الشبكات (Core Routers / Switches)	10–30 مليون
أنظمة الأمن السيبراني	5–15 مليون
أنظمة الطاقة (UPS والمولدات)	8–20 مليون
أنظمة التبريد	3–10 مليون
نظام المراقبة والتحكم (NMS)	2–8 مليون
الألياف الضوئية داخل الموقع	2–5 مليون
التراخيص والدراسات والاستشارات	5–15 مليون

إجمالي تقديري للرأسمال: 120–300 مليون دولار أمريكي، بحسب مستوى التجهيز والسعات المطلوبة.

ثالثاً: التكاليف التشغيلية السنوية (OPEX)

البند	التكلفة السنوية التقديرية
استئجار السعات الفضائية	20–80 مليون دولار
رواتب الكوادر	3–8 ملايين دولار
صيانة الأجهزة	5–15 مليون دولار
الكهرباء والوقود	2–8 ملايين دولار
التراخيص والاشتراكات	1–5 ملايين دولار
الأمن والحراسة	1–3 ملايين دولار
التدريب والتطوير	0.5–2 مليون دولار

إجمالي التشغيل السنوي: 32–121 مليون دولار (تقديري).

رابعاً: مصادر التمويل المحتملة

- الموازنة العامة للدولة.
- شراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP).
- استثمارات محلية أو أجنبية.
- قروض من مؤسسات تنموية.
- تمويل من صناديق حكومية مختصة.

خامساً: العائد المتوقع

يمكن أن تتحقق الإيرادات من:

- اشتراكات الجهات الحكومية.
- اشتراكات الشركات.
- خدمات المؤسسات التعليمية والصحية.
- اشتراكات المنازل (إذا توسعت الخدمة تجاريًا).
- بيع السعات لمزودي خدمة الإنترنت المحليين.

ويعتمد العائد الفعلي على نموذج الأعمال وسياسة التسعير وعدد المشتركين.

سادسًا: المخاطر البيئية

- انقطاع الكهرباء.
- ارتفاع درجات الحرارة.
- العواصف الرملية.

التخفيف:

- مولدات كهربائية.
- أنظمة UPS.
- أنظمة تبريد صناعية.
- تصميم يحمي المعدات من الغبار.

سابعًا: المخاطر الاستراتيجية

- ظهور تقنيات أحدث تغير طبيعة السوق.
- دخول منافسين يقدمون خدمات أفضل أو أقل تكلفة.
- تغير احتياجات المستخدمين.

التخفيف:

- تصميم المنظومة بحيث تكون قابلة للتطوير.
- مراجعة الخطة الاستراتيجية بشكل دوري.

الخاتمة

يمثل مشروع **إنشاء المنظومة الوطنية للإنترنت الفضائي في جمهورية العراق** خطوة استراتيجية نحو تطوير البنية التحتية الرقمية للدولة، وتعزيز قدرتها على توفير خدمات اتصالات حديثة وآمنة وذات اعتمادية عالية، بما ينسجم مع متطلبات التحول الرقمي والتنمية المستدامة.

وتُظهر الدراسة الأولية أن اعتماد منظومة تجمع بين البنية التحتية الأرضية وتقنيات الاتصالات الفضائية يمكن أن يسهم في تحسين تغطية خدمات الإنترنت، ودعم استمرارية الاتصالات في الظروف الطارئة، وتوفير حلول اتصال للمناطق التي يصعب خدمتها بالوسائل التقليدية، مع مراعاة الجوانب الفنية والاقتصادية والتنظيمية اللازمة.

ولضمان نجاح المشروع، توصي الدراسة بالبدء بمرحلة تنفيذية أولية تشمل إنشاء محطة أرضية وطنية ومركز بيانات متكامل، والتعاقد مع مشغلي الأقمار الصناعية العالميين، ثم التوسع التدريجي استنادًا إلى نتائج التشغيل واحتياجات القطاعات الحكومية والمستخدمين.

كما تؤكد الدراسة أهمية إجراء التصاميم الهندسية التفصيلية، واستكمال الدراسات الاقتصادية والقانونية والبيئية، والحصول على الموافقات التنظيمية، وطرح المشروع وفق أفضل الممارسات العالمية لضمان الشفافية وتحقيق أعلى مستويات الجودة والكفاءة.

إن الاستثمار في هذا المشروع لا يقتصر على تطوير خدمات الاتصالات، بل يمثل استثمارًا في مستقبل العراق الرقمي، من خلال بناء بنية تحتية قادرة على دعم التعليم، والصحة، والأمن، والاقتصاد، والخدمات الحكومية، وتعزيز جاهزية الدولة لمواكبة التطورات التقنية العالمية، بما يسهم في تحقيق رؤية وطنية متكاملة لقطاع الاتصالات وتقنية المعلومات.

ولضمان نجاح المشروع، توصي الدراسة بالبدء بمرحلة تنفيذية أولية تشمل إنشاء محطة أرضية وطنية ومركز بيانات متكامل، والتعاقد مع مشغلي الأقمار الصناعية العالميين، ثم التوسع التدريجي استنادًا إلى نتائج التشغيل واحتياجات القطاعات الحكومية والمستخدمين.

كما تؤكد الدراسة أهمية إجراء التصاميم الهندسية التفصيلية، واستكمال الدراسات الاقتصادية والقانونية والبيئية، والحصول على الموافقات التنظيمية، وطرح المشروع وفق أفضل الممارسات العالمية لضمان الشفافية وتحقيق أعلى مستويات الجودة والكفاءة.

إن الاستثمار في هذا المشروع لا يقتصر على تطوير خدمات الاتصالات، بل يمثل استثمارًا في مستقبل العراق الرقمي، من خلال بناء بنية تحتية قادرة على دعم التعليم، والصحة، والأمن، والاقتصاد، والخدمات الحكومية، وتعزيز جاهزية الدولة لمواكبة التطورات التقنية العالمية، بما يسهم في تحقيق رؤية وطنية متكاملة لقطاع الاتصالات وتقنية المعلومات.

الخاتمة

الإنترنت الفضائي لم يعد خياراً احتياطياً، بل تحوّل إلى ركيزة أساسية في البنية الرقمية العالمية.

بفضل كوكبات المدار المنخفض انخفض زمن الاستجابة وارتفعت السرعات لتنافس الشبكات الأرضية، وأصبح بالإمكان إيصال الإنترنت إلى كل إنسان أينما وُجد.

ومع تقنيات الاتصال المباشر بالهاتف والوصلات الليزرية، تتجه البشرية نحو عالم لا توجد فيه منطقة خارج التغطية.

شكراً لحسن استماعكم

إعداد: ولاء نوري محمد