المملكة العربية السعودية

رئاسة الاستخبارات العامة

إدارة التقنية والأمن السيبراني

قسم تقييم التقنيات الناشئة

تقييم استخباراتي

مشروع سلونانا (Slonana)

بلوكتشين عالي الأداء لاقتصادات الوكلاء الذاتيين

المرجعي: الرقم	ر.إ.ع/تقنية/١٤٤٧/٠١٥٦
التاريخ:	١٢ شعبان ١٤٤٧ هـ
التصنيف:	**للغاية سري**
النسخة:	١ من ٥

١ الملخص التنفيذي

يُقدِّم هذا التقرير تقييمًا استخباراتيًا شاملًا لمشروع «سلونانا» (Slonana)، وهو تطبيق بلوكتشين من الجيل الأول (Layer 1) مبني بلغة C++20، متوافق مع آلة سولانا الافتراضية (SVM)، ومُصمَّم خصيصًا لخدمة اقتصادات الوكلاء الذاتيين المعتمدين على الذكاء الاصطناعي.

١.١ أبرز النتائج

- **الأداء المُقاس:** ١٨٥ ألف معاملة في الثانية (185K TPS) بزمن وسيط يبلغ ١٤٢ ميكروثانية، مع هدف معماري يتجاوز ١,٢ مليون معاملة/ثانية.
- **آلية التوافق:** بروتوكول Tower BFT مع إثبات التاريخ (Proof of History)، يحقق النهائية خلال ١٢,٨ ثانية.
- **الإطلاق العادل:** ١٠% توزيع مجاني للمجتمع؛ ٩٠% عبر مكافآت التحقق — بدون تخصيصات لرأس المال الجريء.
- **معامل جيني:** ينخفض من ٠,٨٨ إلى ٠,٤٧ خلال ٤٨ شهرًا (مقابل ٠,٩٠ في الشبكات التقليدية).
- **بروتوكول سياق النموذج (MCP):** يُمكِّن البرامج من الوصف الذاتي لوكلاء الذكاء الاصطناعي.
- **الحجم:** ٨٧,٤٥٣ سطرًا برمجيًا في ٥٠٦ ملف، رمز العملة $SLON بمعروض ١٠٠ مليون.

١.٢ التقييم العام

يُمثِّل مشروع سلونانا تطورًا تقنيًا يستحق المتابعة الاستراتيجية من عدة أوجه تتصل برؤية المملكة ٢٠٣٠ ومشاريع نيوم الرقمية وطموحات المملكة في أن تكون مركزًا عالميًا للتقنية المالية. يتمتع المشروع ببنية هندسية متقدمة، لكنه لا يزال في مرحلة ما قبل الإنتاج الكامل، مما يستوجب الحذر في أي ارتباط مؤسسي.

٢ الخلفية

١.٢ السياق التقني العالمي

تشهد صناعة البلوكتشين تحولًا جوهريًا نحو ما يُعرف بـ«اقتصاد الوكلاء الذاتيين» (Autonomous Agent Economy)، حيث تتفاعل ملايين الوكلاء المعتمدين على الذكاء الاصطناعي آلاف المرات يوميًا دون تدخل بشري. تتطلب هذه البيئة بنيةً تحتيةً قادرة على معالجة حجم هائل من المعاملات بزمن استجابة متناهي الصغر، مع ضمان العدالة في توزيع الحوكمة.

٢.٢ مشروع سلونانا — نبذة

أُسِّس المشروع من قِبَل الباحث «رين فينزيغ» (Rin Fhenzig) ضمن مؤسسة أبحاث OpenSVM، وأُعلن عنه في الأول من يناير ٢٠٢٦م. يتميز المشروع بالآتي:

١. تطبيق كامل بلغة C++20 بدلًا من لغة رست (Rust) المستخدمة في تطبيق أغاف (Agave) الرسمي لسولانا.
٢. توافق كامل مع آلة سولانا الافتراضية (SVM)، مما يتيح تشغيل البرامج الذكية الحالية.
٣. نموذج إطلاق عادل يستبعد تمامًا أي تخصيصات مسبقة لرؤوس الأموال الجريئة.
٤. دعم أصيل لبروتوكول سياق النموذج (MCP) لتمكين اكتشاف البرامج آليًا بواسطة وكلاء الذكاء الاصطناعي.

٣.٢ مشكلة المركزية في الشبكات القائمة

يُشير الورقة البيضاء للمشروع إلى أزمة مركزية حقيقية في الشبكات الحالية:

- **إيثيريوم:** أكبر ٥ كيانات تسيطر على ٦٤% من الحصة (Lido, Coinbase, Binance, Kraken, RocketPool).
- **سولانا:** معامل ناكاموتو = ١٩، أي أن ١٩ مدققًا يمكنهم إيقاف الشبكة.
- **كاردانو:** IOHK وEmurgo يسيطران على أكثر من ٤٠% عبر التفويض.

هذه المركزية ناتجة بشكل أساسي عن التخصيص المسبق للعملات لصالح المستثمرين الأوائل، وهو ما يسعى سلونانا لتجنبه.

٣ التقييم التقني

٣.١ البنية المعمارية

يتبع المشروع بنية طبقية مُحكمة مع فصل واضح بين المكونات:

- **طبقة الشبكة** (network): بروتوكول القيل (Gossip/CRDS)، خادم RPC بأكثر من ٣٥ طريقة، نقل QUIC، ونشر الكتل عبر Turbine.
- **طبقة التوافق** (consensus): Tower BFT مع إثبات التاريخ (PoH) واختيار التفرع الموزون بالحصة.
- **طبقة التنفيذ** (SVM): محرك BPF بمتغيرات متعددة (قياسي، محسَّن، خالٍ من الأقفال، فائق السرعة) مع تجميع فوري (JIT).
- **طبقة التخزين:** قاعدة بيانات الحسابات (RocksDB)، تخزين هجين مع ClickHouse، ولقطات تزايدية.
- **طبقة البنكية** (banking): تجميع المعاملات، سوق الرسوم الديناميكية، وحماية من MEV.

٣.٢ آلية التوافق — Tower BFT

يعتمد المشروع على بروتوكول Tower BFT، وهو بروتوكول تحمل الأعطال البيزنطية الموزون بالحصة، متكامل مع إثبات التاريخ (PoH) للترتيب الزمني المُشفَّر. تتلخص الآلية في:

١. يقترح القائد المُنتخب كتلة تحوي المعاملات وبصمة PoH.
٢. يتحقق المدققون من صحة الكتلة (التوقيعات، صحة المعاملات، استمرارية سلسلة PoH).
٣. يصوت كل مدقق وفق حصته مع آلية قفل (lockout) تمنع التصويت المزدوج.
٤. تتحقق النهائية عند تصويت أكثر من ثلثي الحصة الإجمالية.

أمان النظام: يُثبت المشروع رياضيًا أنه في حال سيطرة الخصم على حصة $\alpha < 1/3$، فإن:

- **السلامة:** لا يمكن تأكيد كتلتين متناقضتين.
- **الحيوية:** يستمر إنتاج الكتل بعد استقرار الشبكة.
- **تكلفة الهجوم:** تتجاوز مليار دولار أمريكي في التنسيق وخسائر السمعة والعقوبات.

٣.٣ التنفيذ الذاتي غير المتزامن (Async BPF)

يُعدّ هذا أبرز ابتكارات المشروع. على عكس الشبكات التقليدية التي تتطلب معاملة خارجية لتشغيل العقد الذكي، يُمكِّن سلونانا البرامج من التنفيذ الذاتي عبر ثلاث آليات:

١. **المؤقتات (Timers):** جدولة التنفيذ عند فتحة (slot) مستقبلية محددة — حتى ١٦ مؤقتًا لكل برنامج.
٢. **المراقبون (Watchers):** تنفيذ تلقائي عند تغيُّر حالة حساب معين — حتى ٣٢ مراقبًا لكل برنامج.
٣. **المخازن الدائرية (Ring Buffers):** تواصل غير متزامن بين البرامج بدون أقفال — حتى ٨ مخازن (١ ميغابايت لكل منها).

الأثر الاستراتيجي: تُتيح هذه الآليات بناء روبوتات تداول ذاتية، وأسواق إقراض ذاتية التصفية، ومدفوعات متدفقة، وإعادة توازن تلقائية — كل ذلك بدون بنية تحتية خارجية.

٤.٣ بروتوكول سياق النموذج (MCP)

يُلزم المشروع جميع البرامج المنشورة بتطبيق واجهات MCP الثلاث:

- **الأدوات (Tools):** إجراءات قابلة للاستدعاء بمخططات JSON Schema.
- **الموارد (Resources):** بيانات الحالة القابلة للقراءة بتعريفات نوعية.
- **القوالب (Prompts):** سير عمل قابلة لإعادة الاستخدام.

هذا يعني أن أي وكيل ذكاء اصطناعي يمكنه اكتشاف واستخدام أي برنامج على الشبكة **دون معرفة مسبقة**، وهو تحول جوهري من القدرة المحدودة بالتدريب إلى القدرة المحدودة بالبروتوكول فقط.

٥.٣ مقاييس الأداء

المقياس	المُقاسة القيمة
المُقاسة الإنتاجية	185K TPS
المعماري الهدف	>1.2M TPS
الوسيط الاستجابة زمن	142 μs
النهائية زمن	12.8 s
المؤقت إنشاء	0.07 μs)~14M/s(
المراقب إنشاء	0.12 μs)~8M/s(
الدائري المخزن	0.04 μs)~25M ops/s(
اللقطة تحميل	402 MB/s

٦.٣ تقييم النضج التقني

نقاط القوة: بنية معمارية متقدمة، خوارزميات خالية من الأقفال، وعي بمعمارية NUMA، تطبيق بروتوكول القيل الكامل مع اكتشاف أكثر من ٨٠٠٠ مدقق.

نقاط الاهتمام: لم يُختبر بعد على نطاق الإنتاج الكامل، بعض التطبيقات لا تزال في مرحلة العناصر النائبة (placeholder)، الفجوة بين الأداء المُقاس (١٨٥ ألف) والهدف (١,٢ مليون) لم تُسَد بعد.

مستوى الجاهزية التقنية (TRL): نقدر المستوى بـ ٥--٦ من ٩ (تحقق في بيئة ذات صلة، لكن لم يُنشر في بيئة إنتاجية حقيقية).

٤ التحليل الاقتصادي

١٠٤ نموذج التوكن

البند	التفاصيل
العملة رمز	$SLON
المعروض إجمالي	وحدة مليون ١٠٠
المجاني التوزيع	١١٠ مع $slonana) (نسبة للمجتمع ١٠%
التحقق مكافآت	staking) التحصيص عبر ٩٠%)
الجريء المال رأس تخصيص	**صفر**
الفريق تخصيص	**صفر**

٢٠٤ تحليل العدالة الاقتصادية

يُقدِّم المشروع نموذجًا اقتصاديًا يستحق الدراسة من منظور العدالة التوزيعية:

معامل جيني: يبدأ عند ٠,٨٨ (عند الإطلاق بسبب التركز الطبيعي) وينخفض إلى ٠,٤٧ خلال ٤٨ شهراً وفق محاكاة تعتمد على توزيع زيف (Zipf) لمشاركة المدققين. هذا يتناقض مع الشبكات المدعومة برأس مال جريء حيث يستقر المعامل عند ٠,٩٠ أو أعلى.

الآلية الاقتصادية:

- مكافآت التحصيص توزَّع بنسبة الحصة والمشاركة: $R(v) = R_{\text{base}} \cdot \frac{s_v}{S_{\text{total}}} \cdot (1 - \text{غرامة\_الغياب})$
- عقوبات القطع (slashing) تتجاوز مكاسب الاحتيال، مما يحقق توازن ناش.
- عتبة الأمان تتطلب تحكم الخصم بأقل من ثلث الحصة ($\alpha < 1/3$).

٣٠٤ نظرية الألعاب والأمان

يُثبت المشروع النتيجة الرياضية التالية (النظرية المركزية في الورقة البيضاء):

نظرية (أمان Tower BFT مع القطع): في ظل خصم بيزنطي يسيطر على حصة $\alpha < 1/3$، وبشرط أن عقوبات القطع تفوق أي مكاسب محتملة، فإن الاستراتيجية الأمثل لكل مدقق هي الالتزام بالبروتوكول. بعبارة أخرى، الصدق هو توازن ناش.

تقييمنا: البرهان الرياضي سليم من الناحية النظرية ويتسق مع الأدبيات الأكاديمية المعتمدة في بروتوكولات التحمل البيزنطي. غير أن التحقق العملي في ظل ظروف الشبكة الحقيقية (تأخيرات، انقسامات، هجمات منسقة) لم يُنجز بعد.

٤٠٤ المخاطر الاقتصادية

١. **سيولة محدودة:** غياب تخصيصات رأس المال الجريء قد يُبطئ التبني المؤسسي الأولي.
٢. **التركز المبكر:** رغم نموذج الإطلاق العادل، قد يتركز التحصيص المبكر لدى عدد محدود من المشغلين التقنيين.
٣. **المنافسة:** سولانا الأصلية (Agave) تمتلك نظامًا بيئيًا ناضجًا يصعب منافسته.
٤. **عدم اليقين التنظيمي:** تصنيف العملة $SLON كأوراق مالية أو سلع يعتمد على الولاية القضائية.

٥ الآثار على المملكة العربية السعودية

١.٥ رؤية ٢٠٣٠ والاقتصاد الرقمي

في إطار التوجيهات السامية لخادم الحرمين الشريفين — حفظه الله — وولي عهده الأمين، ترتكز رؤية المملكة ٢٠٣٠ على التحول الرقمي وتنويع مصادر الدخل. يتصل مشروع سلونانا بهذه الأهداف من عدة أوجه:

١. **اقتصاد الوكلاء الذاتيين:** المملكة تستثمر بكثافة في الذكاء الاصطناعي (SDAIA، KAUST AI Initiative). بنية تحتية بلوكتشين مُحسَّنة لوكلاء الذكاء الاصطناعي تتكامل مع هذه الاستثمارات.
٢. **مركز التقنية المالية:** طموح المملكة في أن تكون مركزًا إقليميًا للتقنية المالية يتطلب بنية بلوكتشين عالية الأداء.
٣. **نيوم:** المدينة الذكية تحتاج منظومة معاملات آلية بين الأجهزة والأنظمة — وهذا بالضبط ما صُمِّم سلونانا لتحقيقه.

٢.٥ البنك المركزي السعودي (SAMA) والعملة الرقمية

يُجري البنك المركزي السعودي تجارب على العملة الرقمية للبنك المركزي (CBDC) ضمن مشروع «عابر» بالتعاون مع مصرف الإمارات المركزي. تُثير تقنيات سلونانا النقاط التالية:

- **الأداء:** ١٨٥ ألف معاملة/ثانية يتجاوز متطلبات أي نظام مدفوعات وطني.
- **النهائية:** ١٢,٨ ثانية مقبولة لمعاملات التجزئة ولكنها بطيئة للتسويات اللحظية.
- **العدالة التوزيعية:** نموذج الإطلاق العادل يتماشى مع مبادئ الشريعة الإسلامية في منع الاحتكار.
- **ملاحظة:** لا نوصي بتبني سلونانا كبنية تحتية لعملة رقمية سيادية في هذه المرحلة، ولكن يمكن دراسة مكوناته التقنية.

٣.٥ صندوق الاستثمارات العامة (PIF)

من منظور الاستثمار التقني لصندوق الاستثمارات العامة:

- **الفرصة:** مشروع مفتوح المصدر بدون تمويل مؤسسي قد يُمثّل فرصة استثمارية مبكرة بتكلفة منخفضة.
- **المخاطرة:** المشروع في مرحلة ما قبل الإنتاج؛ فريق العمل صغير ومركَّز.
- **البديل الاستراتيجي:** بدلاً من الاستثمار المباشر، يمكن للصندوق رعاية تشغيل عُقد تحقق (validators) على الشبكة لتطوير الخبرة الداخلية.

٤.٥ الهيئة الوطنية للأمن السيبراني (NCA)

- **البرمجيات مفتوحة المصدر:** الشفرة البرمجية متاحة للتدقيق الكامل — ميزة أمنية.

- **التشفير:** يعتمد على Ed25519 (توقيعات) وSHA-256 (تجزئة) وAES-GCM (تشفير) — معايير معتمدة دوليًا.
- **خطر الخصوصية:** البلوكتشين بطبيعته شفاف — أي معاملات تتصل بكيانات سعودية ستكون مرئية.
- **توصية:** تضمين تقنيات سلونانا في مراقبة التقنيات الناشئة التي تتبعها الهيئة.

الأثر الجيوسياسي

- **اللامركزية:** شبكة عابرة للحدود لا تخضع لسيطرة دولة بعينها — سلاح ذو حدين.
- **فرصة التأثير:** تشغيل عُقد تحقق سعودية يمنح المملكة صوتًا في حوكمة الشبكة.
- **التنافس الإقليمي:** الإمارات (ADGM, DIFC) والبحرين متقدمتان في تنظيم الأصول الرقمية — يجب ألا تتأخر المملكة.

٦ التوصيات

بناءً على التقييم الشامل أعلاه، وفي ضوء الأهداف الاستراتيجية للمملكة، نرفع التوصيات التالية:

١٠٦ توصيات عاجلة (خلال ٩٠ يومًا)

١ **تكليف فريق رصد تقني:** تكليف إدارة التقنية بالهيئة الوطنية للأمن السيبراني بمتابعة تطورات المشروع وتقديم تقارير شهرية.

٢ **تدقيق الشفرة المصدرية:** الاستعانة بفريق تدقيق أمني متخصص لفحص الشفرة البرمجية المتاحة (٨٧ ألف سطر) وتقييم المخاطر الأمنية.

٣ **إخطار SAMA:** إبلاغ البنك المركزي السعودي بوجود هذا المشروع وتداعياته المحتملة على مشروع «عابر» ومبادرات العملة الرقمية.

٢٠٦ توصيات متوسطة المدى (٦–١٢ شهرًا)

١ **تشغيل عُقد تحقق تجريبية:** تشغيل ٣–٥ عُقد تحقق على شبكة الاختبار من داخل مركز بيانات نيوم أو مركز البيانات الوطني، لتطوير الخبرة التشغيلية.

٢ **تقييم التوافق مع الشريعة:** تكليف هيئة شرعية معتمدة بدراسة نموذج التوكن ($SLON) وآلية التحصيص من حيث التوافق مع أحكام الشريعة الإسلامية.

٣ **حوار مع المطورين:** فتح قناة تواصل غير رسمية مع فريق OpenSVM لاستكشاف إمكانية التعاون التقني، مع الحفاظ على مسافة مؤسسية مناسبة.

٤ **دراسة مقارنة:** إعداد دراسة مقارنة بين سلونانا وبدائل البلوكتشين الأخرى (سولانا الأصلية، Sui، Aptos) من حيث الملاءمة لتطبيقات نيوم.

٣٠٦ توصيات استراتيجية (١–٣ سنوات)

١ **بنية تحتية للوكلاء الذاتيين:** في حال نضج المشروع، دراسة اعتماد سلونانا أو مكوناته كبنية تحتية لاقتصاد الوكلاء الذاتيين في نيوم.

٢ **استثمار مشروط:** يمكن لصندوق الاستثمارات العامة (PIF) — عبر ذراعه التقني — النظر في استثمار محدود مشروط بتحقيق المشروع لمعايير الإنتاج الكاملة.

٣ **تطوير كوادر وطنية:** ابتعاث أو تدريب مهندسين سعوديين على تطوير البلوكتشين عالي الأداء بلغة C++20، مما يبني قدرات وطنية بصرف النظر عن مصير المشروع.

٤ **إطار تنظيمي:** تسريع تطوير الإطار التنظيمي للأصول الرقمية بما يتسق مع معايير FATF ويُمكِّن المملكة من استضافة مشاريع البلوكتشين الواعدة.

محاذير

- **لا نوصي** بأي ارتباط رسمي أو إعلان عام عن اهتمام المملكة بالمشروع في هذه المرحلة.
- **لا نوصي** باستخدام سلونانا لأي تطبيق سيادي (عملة رقمية، هوية وطنية) قبل نضجه الكامل.
- **نُحذِّر** من أن المشروع لا يزال يُديره فريق صغير، وأي توقف عن التطوير قد يُبطل قيمته.
- **نُحذِّر** من أن الأرقام المعلنة (١,٢ مليون معاملة/ثانية) هي أهداف معمارية لم تُحقق بعد — الأداء الفعلي المُقاس هو ١٨٥ ألف معاملة/ثانية.

٧ ملحق: الملخص التقني المرجعي

١٠٧ البيانات الفنية الأساسية

البند	القيمة
البرمجة لغة	C++20 (GCC 13.3+)
الشفرة حجم	٥٠٦ ملف / سطر ٨٧,٤٥٣
التوافق آلية	Tower BFT + Proof of History
الرقمي التوقيع	Ed25519 (libsodium)
التجزئة	SHA-256 (OpenSSL)
التشفير	AES-GCM (OpenSSL)
JSON معالجة	simdjson
الحسابات بيانات قاعدة	RocksDB
التحليلي التخزين	ClickHouse
النقل بروتوكول	QUIC
الكتل نشر	Turbine (erasure coding)
القيل بروتوكول	CRDS (Cluster Replicated Data Store)
الحالي الإصدار	v0.1.495-mainnet

٢٠٧ مقارنة مع المنافسين

المعيار	سلونانا	Agave) سولانا)	إيثيريوم	Sui
TPS) الإنتاجية)	١٨٥ ألف	٦٥ ألف	~٣٠	١٢٠ ألف
النهائية	١٢,٨ ث	١٢,٨ ث	١٢ دقيقة	٢,٥ ث
ذاتي تنفيذ	نعم	لا	لا	لا
أصيل MCP	نعم	لا	لا	لا
عادل إطلاق	نعم	لا	جزئيًا	لا
البرمجة لغة	C++20	Rust	متعدد	Rust
النضج	الإنتاج قبل ما	إنتاجي	إنتاجي	مبكر

أُعِدَّ بمعرفة

إدارة التقنية والأمن السيبراني
قسم تقييم التقنيات الناشئة
رئاسة الاستخبارات العامة

التقييم قسم رئيس	التقنية إدارة مدير