

Pięć racjonalnych modeli hybrydowej wioski kosmicznej Social-AI: rachunek opłacalności, heurystyki sukcesu i ekologia jako dźwignia kosztowa

Zakres, definicje i rygor dowodu ekonomicznego

W raporcie „wioska kosmiczna” oznacza **zamieszkałą destynację LEO** (orbitującą stację/habitat z ciągłą lub okresową obecnością ludzi), której celem jest jednocośne: (a) utrzymanie społeczności ludzkiej i agentów AI (Social-AI), (b) wytwarzanie **produktów danych** o wysokiej wartości dodanej dla rozwoju modeli AI, (c) rozwój kompetencji AI (u ludzi i w systemach), (d) wzrost autonomii operacyjnej w środowisku wysokich konsekwencji. Ramą sukcesu jest Twoja heurystyka: **opłacalność wynika z danych brakujących na rynku**, tj. danych rzadkich, trudnych do zastąpienia i rozwiązujejących aktualny problem o wysokiej wartości (bezpieczeństwo, autonomia, stabilność ekosystemu zamkniętego), a nie z „danych jako wolumenu”.

Rygorystyczny test ekonomiczny przyjmuję w standardzie finansów projektowych:

$$NPV = -K + \sum_{t=1}^T \frac{(R_t - O_t)}{(1+r)^t} \geq 0$$

gdzie K =CAPEX, O_t =OPEX, R_t =przychody, r =stopa dyskontowa (koszt kapitału + ryzyko), T =horyzont. Ten warunek jest **konieczny**: jeśli projekt go nie spełnia, nie jest opłacalny niezależnie od narracji. Kotwice kosztowe i popytowe biorę z **jawnych źródeł pierwotnych**: audytu `entity["organization"]`, "NASA Office of Inspector General", "us government watchdog"] o kosztach `entity["point_of_interest"]`, "International Space Station", "low earth orbit"] o kosztach giełdowych o CAPEX stacji komercyjnych (np. `entity["point_of_interest"]`, "Starlab", "commercial space station concept"], oficjalnych komunikatów `entity["organization"]`, "NASA", "us space agency"] o komercjalizacji LEO oraz z raportów i kontraktów podmiotów space-data (przychody firm i wartości umów). ¹

W kolejnych sekcjach buduję **pięć wariantów racjonalnego modelu hybrydowego**, a następnie wykonuję „testy w tle” w sensie ekonomicznym: dla każdego wariantu pokazuję rachunek progowy, mechanizmy redukcji OPEX (autonomia + ekologia), oraz warunki, które muszą zajść, by model był trwał i odporny na nasycenie rynku danych.

Kotwice empiryczne: koszty, rynki i realne „kontrapunkty” dla wioski Social-AI

Kotwice kosztowe: czego uczy realna eksploatacja LEO

Audyt [Entity\["organization","NASA Office of Inspector General","us government watchdog"\]](#) wskazuje, że [Entity\["point_of_interest","International Space Station","low earth orbit"\]](#) oraz związane operacje i badania kosztują ok. **4,1 mld USD rocznie** (rzad wielkości). ² Sama ta obserwacja jest kluczowym kontrapunktem: zamieszkała infrastruktura LEO ma ogromny komponent kosztów stałych (personel, logistyka, bezpieczeństwo, utrzymanie, ryzyko starzenia i potrzeba bezpiecznego deorbitu).

²

Jednocześnie prospekt spółki związanej ze [Entity\["point_of_interest","Starlab","commercial space station concept"\]](#) zawiera rzadko jawną rzad wielkości CAPEX: **~2,8-3,3 mld USD** jako koszt zaprojektowania, wyprodukowania i wyniesienia stacji. ³ To daje bardzo mocny punkt odniesienia do modeli progu rentowności.

Do modelowania kosztów zasobów krytycznych w LEO wykorzystuję „ceny cienia” z literatury cytującej politykę cenową dla aktywności komercyjnych i prywatnych misji astronautów (wartości refundacyjne): **upmass pasywnego cargo 20 000 USD/kg, downmass 40 000 USD/kg, trash disposal 20 000 USD/kg oraz czas załogi 130 000 USD/h.** ⁴ Te liczby są praktycznie równoważne „kursowi walutowemu” ograniczeń wioski.

Kotwice ekologii jako dźwigni OPEX (zamykanie pętli)

[Entity\["organization","NASA","us space agency"\]](#) raportuje, że system podtrzymywania życia ECLSS na [Entity\["point_of_interest","International Space Station","low earth orbit"\]](#) osiągnął demonstracyjnie **98% odzysku wody**, a przed wdrożeniem BPA było to **93-94%**. ⁵ To jest empiryczny dowód, że „ekologia” w kosmosie to nie estetyka, tylko realna redukcja logistyki. Jednak jest to zarazem kontrapunkt: nawet tak wysoki odzysk dotyczy jednego strumienia zasobów (wody); koszty żywności, części i serwisu pozostają dominujące w kosztach egzystencji załogi i infrastruktury.

Europejskie podejście do bioregeneracyjnego domykania pętli ([Entity\["organization","ESA","european space agency"\]](#)) i inicjatywa [Entity\["organization","MELiSSA","closed loop life support project"\]](#) opisuje architekturę zamkniętego obiegu (bioreaktory, oksydacja, filtracja, uprawy roślin) oraz konieczność wieloetapowej integracji i kontroli stabilności procesu. ⁶ Fundacja MELiSSA formułuje też kryteria ALISSE (Mass, Energy, Efficiency, Safety, Crew Time) jako uporządkowany reżim oceny – co jest bezpośrednio kompatybilne z rachunkiem ekonomicznym wioski (masa/logistyka, energia, bezpieczeństwo i czas). ⁷

Kotwice popytowe: gdzie dziś realnie płaci się za „space-data + AI”

Kontrapunktem dla „data-only” są przychody firm, które już handlują danymi kosmicznymi i analityką: - [Entity\["company","Spire Global","space data company"\]](#): przychód full-year 2024 **110,5 mln USD**. ⁸ - [Entity\["company","BlackSky","earth observation company"\]](#): przychód 2024 **102,1 mln USD**, w tym „imagery & software analytical services” **70,1 mln USD**. ⁹ - [Entity\["company","Planet Labs","earth imaging company"\]](#): przychód FY2025 **244,352 mln USD** (Form 10-K), a komunikat wynikowy opisuje bardzo istotny element modelu: wysoka część przychodów powtarzalnych (ACV) i szeroka baza klientów. ¹⁰

Wartości „dużych budżetów” są empirycznie obecne, ale silnie występują w kontraktach instytucjonalnych. Przykład: Entity["company","Maxar","geospatial intelligence company"] informuje o wyborze przez Entity["organization","National Geospatial-Intelligence Agency","us intelligence agency"] w ramach **290 mln USD / 5 lat** (IDIQ) na „automated object detections” i analitykę opartą o modele CV.¹¹ To jest idealny dowód istnienia popytu na „AI-derived insights”, ale jest zarazem kontrapunktem dla czysto prywatnego rynku: największe kwoty płyną w stronę klientów publicznych.

Wreszcie: najlepszy analog „hybrydowej platformy w LEO” to Entity["organization","ISS National Lab","us national laboratory in space"] zarządzany przez Entity["organization","CASIS","iss national lab manager"]. W FY24 ok. **80%** sponsoringowych payloadów było komercyjnych, co pokazuje realny popyt prywatnego sektora na badania w mikrogravitacji.¹² Jednocześnie NASA wskazywała, że cooperative agreement z CASIS „początkowo” miał wartość do **15 mln USD rocznie** – to jasny sygnał modelu hybrydowego (publiczna baza + komercyjne wykorzystanie).¹³

Wniosek metodologiczny: skoro najbardziej dojrzałe rynki space-data działają w skali setek mln USD/rok na podmiot, a zamieszkała infrastruktura może wymagać progów przychodowych rzędu $\geq 0,8\text{--}1,5$ mld USD/rok (zależnie od CAPEX/OPEX), to „racjonalny” model wioski Social-AI musi wchłonąć logikę platformy i dywersyfikacji – a nie opierać się na jednym „produkcie danych”.¹⁴

Pięć wariantów racjonalnego modelu hybrydowego Social-AI

Definicja rynku Social-AI i „dynamicznej polityki sukcesu”

Rynek Social-AI w tym raporcie jest rozumiany jako **platforma dwustronna**: z jednej strony „dostawcy synergii” (mieszkańcy-badacze + agentowe AI + infrastruktura wioski), z drugiej strony „nabywcy synergii” (organizacje AI, przemysł, agencje), którzy płacą za *wyniki, benchmarki, certyfikacje i produkty danych*. Teza o konieczności „wygrania obu stron” jest klasyczna dla rynków dwustronnych i jest formalizowana w literaturze ekonomii platform (Rochet-Tirole).¹⁵

Dynamiczna polityka sukcesu (heurystyczna, „mrowiskowa”) ma trzy reguły: 1) **Selekcja nisz danych brakujących** (utrzymuj cenę poprzez rzadkość i konsekwencję operacyjną).

2) **Stigmergiczna organizacja pracy**: minimalizuj koszt koordynacji, bo w LEO kosztuje on bezpośrednio czas załogi (130 tys. USD/h jako punkt odniesienia).¹⁶

3) **Sprzężenie zwrotne ekologia↔autonomia↔dane**: inwestuj w autonomię i domykanie pętli tylko wtedy, gdy ich efekt obniża OPEX lub podnosi wartość rynkową produktu danych szybciej niż koszt kapitału (warunek NPV).¹⁷

Tabela porównawcza pięciu modeli

Wariant hybrydowy	„Fundament” cash-flow	Rdzeń wartości Social-AI	Dominujące dźwignie OPEX	Najmocniejszy analog empiryczny	Najmocniejszy kontrapunkt
Model park badawczy z anchor	kontrakt instytucjonalny + EaaS	dane i artefakty z mikrogravitacji + audytowalne produkty danych	wysoka utylizacja czasu/zasobów, automatyzacja obsługi eksperymentów	ISS National Lab (80% payloadów komercyjnych)	platforma ISS jest nadal osadzona na bazie publicznej ¹⁸

Wariant hybrydowy	„Fundament” cash-flow	Rdzeń wartości Social-AI	Dominujące dźwignie OPEX	Najmocniejszy analog empiryczny	Najmocniejszy kontrapunkt
Model rotacji załóg Social-AI	PAM/rotacje + usługi + subskrypcje	„kompetencje AI w praktyce” i dane teamwork/autonomia	redukcja kosztu misji przez standardyzację, autonomię, edge	NASA Private Astronaut Missions (ciągłość misji) ¹⁹	ograniczenia zasobów stacji i wysokie koszty załogi/logistyki
Model AI-ops i autonomia-as-a-service	sprzedaż autonomii + managed ops + dane	„autonomia jako produkt” + dane anomalii i decyzji	redukcja OPEX przez autonomię (mniej czasu ludzi)	kontrakty na AI-insights (Maxar/NGA)	wymaga zaufania/ certyfikacji i rynku wieloklienckiego ²⁰
Model bioregeneracyjny Eco-Loop	kontrakty R&D + licencje spin-off + dane	zamknięte obiegi jako źródło danych i technologii	obniżenie resupply (np. woda 98%) + automatyczna kontrola pętli	NASA ECLSS 98% + ESA MELiSSA	długi czas dojrzewania i złożoność stabilności procesów ²¹
Model certyfikacji i benchmark-as-a-service	subskrypcje certyfikacji + cyfrowy twin + dane	„rynek zaufania” dla agentów AI w krytycznych domenach	wysoka marża usług certyfikacji, ograniczona logistyka	kontrakty na „automated detections/ insights”	ryzyko przejęcia standardów przez instytucje publiczne ²⁰

Poniżej opisuję każdy wariant jako „kolektyw społeczności” (ludzie + AI) z pełnym rachunkiem CAPEX/OPEX i polityką sukcesu.

Wariant park badawczy z anchor tenant

Istota: wioska działa jak komercyjny odpowiednik laboratorium orbitalnego: anchor tenant (agencja / konsorcjum instytucji) kupuje bazową przepustowość zasobów (czas, ładunki, infrastruktura), a rynek komercyjny kupuje eksperymenty i produkty danych. Empirycznie, ISS National Lab pokazuje wysoką komercyjną absorpcję (80% payloadów komercyjnych w FY24) przy ograniczeniu liczby misji resupply.

²²

CAPEX: punkt odniesienia to stacja w klasie Starlab, gdzie koszt budowy i wyniesienia został oszacowany jawnie na ~2,8–3,3 mld USD. ³

OPEX: w modelu hybrydowym bazą ryzyk jest skala ISS (4,1 mld USD/rok) jako kontrapunkt, ale park badawczy może mieć niższy OPEX dzięki mniejszej złożoności i komercyjnemu profilowi usług; wciąż pozostają ceny cienia zasobów (20k USD/kg, 130k USD/h). ²³

Przychody: - anchor tenant jako „płatnik stałych kosztów” (niezbędny, jeśli chcemy uniknąć falsyfikacji data-only), - „experiment-as-a-service” (EaaS) i pakiety danych z metadanymi, - licencje i subskrypcje produktów danych (np. benchmarki wydajności eksperymentów, dane pracy zespołu w izolacji).

Polityka sukcesu Social-AI: platforma dwustronna subsydiuje stronę podaży (mieszkańców i infrastruktury) stabilnym kontraktem, a strona popytu jest monetyzowana modułowo (sloty, subskrypcje, licencje). To dokładnie mechanika „get both sides on board” z ekonomii platform. ¹⁵

Wariant rotacji załóg Social-AI (PAM/rotacje + dane + marka)

Istota: wioska maksymalizuje przychód z „rotujących ekip” (prywatne zespoły R&D, startupy, konsorcja) oraz sprzedaje Social-AI jako produkt: programy treningowe, środowiska pracy w ograniczeniach, dane o teamwork, interakcjach i skuteczności agentów AI.

Empiryczna kotwica: NASA opisuje ciągłość prywatnych misji astronautów (Ax-1 2022, Ax-2 2023, Ax-3 2024, Ax-4 2025) oraz planowanie kolejnych lotów na lata 2026–2027 (w ramach wsparcia rozwoju gospodarki LEO). ²⁴

CAPEX/OPEX: ten wariant może działać na mniejszym CAPEX niż pełna stacja klasy Starlab, ale OPEX jest wrażliwy na koszty czasu załogi i logistyki; polityka cenowa zasobów ISS pokazuje, że nawet pojedyncze elementy misji są wyceniane w milionach USD (integracja i usługi bazowe) oraz w stawkach „per kg / per hour”. ⁴

Przychody: - pakiety „misja/rotacja” (kontraktowane jako usługa),
- subskrypcje Social-AI (np. dostęp do cyfrowego bliźniaka i wyników eksperymentów),
- sprzedaż danych o „kompetencjach w praktyce” (z zachowaniem prywatności i zgód).

Kontrapunkt: ten model jest najbardziej podatny na nasycenie – jeśli wiele stacji zaoferuje podobne doświadczenia, cena spada. Dlatego musi stale przenosić środek ciężkości na „brakujące dane” (np. rygorystyczne dane z autonomii w warunkach opóźnienia/awarii) zamiast na „experience-only”.

Wariant AI-ops i autonomia-as-a-service

Istota: wioska projektuje autonomię jako produkt rynkowy: sprzedaje (i jednocześnie u siebie stosuje) stack autonomii, który obniża OPEX przez redukcję czasu człowieka i wytwarza dane o wyjątkowej wartości (anomalia, awaria, planowanie, decyzje pod presją kosztu).

Empiryczny analog popytowy: kontrakty takie jak Maxar/NGA pokazują, że płatne są nie tyle obrazy, co „automated detections” i „insights” (zbudowane na modelach CV). ¹¹

CAPEX: przesuwa się w stronę robotyki, diagnostyki i infrastruktury edge (większe nakłady na automatykę).

OPEX: celem jest spadek OPEX poprzez zastępowanie godzin załogi procedurami autonomicznymi – co jest mierzalne wprost względem stawki 130k USD/h jako punktu odniesienia kosztu marginalnego zasobu „człowiek”. ⁴

Przychody: - licencje/abonamenty autonomii dla innych stacji, habitatów, a docelowo sektorów ziemskich (energetyka, przemysł procesowy – domain-transfer), - managed services (operacje autonomiczne jako usługa), - produkty danych: „decision logs” + dane anomalii (sprzedawane jako benchmarki i zbiory treningowe).

Wąskie gardło Social-AI: zaufanie. Ten model z definicji wymaga rynku certyfikacji i audytu (dlatego w wariantie 5 buduję model, który wprost monetyzuje zaufanie).

Wariant bioregeneracyjny Eco-Loop (ekologia jako główny silnik ekonomii)

Istota: wioska jest poligonem doświadczalnym zamkniętych obiegów (woda, powietrze, odpady, częściowo żywność), a produktem są: (a) dane i modele sterowania pętlami, (b) technologie i licencje „circular tech” na Ziemię, (c) kompetencje AI dla systemów biologiczno-technicznych.

Kotwica empiryczna: NASA potwierdza 98% odzysku wody i podaje, że wcześniej było 93–94%. 5
Kotwica programowa: ESA wskazuje wieloletnie badania MELiSSA i architekturę zamkniętego obiegu (kompartmenty, integracja, testy stabilności i kontroli). 25

CAPEX: wysoki (bioreaktory, kontrola biosafety, redundancja, automatyka).

OPEX: potencjalnie malejący w części resupply (woda), ale rosnący w utrzymaniu systemów biologicznych; dlatego kryteria ALISSE (massa–energia–bezpieczeństwo–czas) są tu praktycznym formalizmem zarządzania trade-offami. 7

Przychody: - kontrakty instytucjonalne na rozwój life support i technologii eksploracyjnych, - licencje i wdrożenia technologii obiegowych na Ziemi (spin-off), - dane sterowania pętlami jako produkty AI (benchmarki, modele predykcyjne, cyfrowe bliźniaki).

Wariant certyfikacji i benchmark-as-a-service (rynek zaufania Social-AI)

Istota: wioska jest „instytucją eksperymentalną”, która sprzedaje nie tylko dane, lecz **wiarygodny dowód jakości:** certyfikację agentów AI i zespołów human-AI w zadaniach krytycznych (planowanie, kontrola zasobów, reakcja na awarie, współpraca w izolacji). Produkt jest platformowy: klienci kupują subskrypcję benchmarków, wyniki, certyfikat, oraz „ciągłą walidację” na nowych scenariuszach.

Empiryczny analog popytowy: Maxar/NGA (automated detections) pokazuje, że rynek płaci za powtarzalny, zautomatyzowany insight, nie tylko surowy sygnał. 11

Formalizm platformowy odsyła do teorii rynków dwustronnych (Rochet-Tirole). 15

CAPEX/OPEX: ten wariant może mieć niższy koszt logistyczny na jednostkę przychodu, jeśli większość „konsumpcji” odbywa się w cyfrowym bliźniaku, a na orbitę przenosi się tylko generację scenariuszy i walidację „ground truth”. To jest „ekonomia dowodu”: płaci się za wiarygodność.

Rachunek ekonomiczny kolektywu: testy progowe i scenariusze NPV

Jednolity model kosztów (CAPEX/OPEX) dla „kolektywu technologiczno-ekologicznego”

Poniższy rachunek jest wspólną strukturą dla wszystkich wariantów; różnią się współczynnikami.

CAPEX – główne koszyki (model kontowy): 1) habitat i systemy strukturalne (w tym bezpieczeństwo orbitalne),
2) ECLSS i systemy regeneracji (woda/powietrze/odpady),
3) zasilanie i termika,
4) robotyka + autonomia + diagnostyka,
5) infrastruktura danych (edge compute, storage, cyber),

- 6) wyniesienie i montaż,
- 7) certyfikacja, testy, ubezpieczenia, projekt deorbitu.

Jako empiryczną kotwicę dla CAPEX przyjmuję zakres ~2,8–3,3 mld USD dla stacji klasy Starlab. 3

- OPEX – główne koszyki:** 1) personel (załoga + naziemne operacje),
 2) logistyka (up/down mass, disposal) wyceniana przez ceny cienia,
 3) energię i serwis,
 4) części zamienne i utrzymanie,
 5) cyber i compliance,
 6) rezerwy ryzyka (awarie, starzenie infrastruktury, incydenty).

Kotwicą górną OPEX jest skala ISS (4,1 mld USD rocznie) oraz ryzyka starzenia i konieczności bezpiecznego deorbitu. 2

Test progowy: ile przychodu rocznie trzeba wygenerować

Dla uproszczenia testów scenariuszowych stosuję stały roczny priorytet R i O w horyzoncie $T = 10$ lat. Wtedy próg sprzedaży:

$$R_{\min} = O + \frac{K}{A(r, 10)}$$

Dla stóp dyskontowych charakterystycznych dla projektów ryzykownych (10–15%) otrzymujemy czynnik $A(r, 10)$ rzędu ~5,0–6,1, co oznacza, że **3 mld USD CAPEX** przekłada się na konieczność generowania dodatkowo ok. **0,5–0,6 mld USD/rok** ponad OPEX. (To nie jest twierdzenie „historyczne”, tylko wynik rachunku.)

Pięć wariantów jako „test-harness”: parametry i próg rentowności

W poniższej tabeli pokazuję **pięć racjonalnych konfiguracji liczbowych** (nie jako „proroctwo”, lecz jako zestaw spójnych parametrów, które spełniają warunek $NPV \geq 0$ w sensie progowym). Parametry są dobrane tak, by pozostać zgodnymi z kotwicami CAPEX (Starlab) i skalą kosztów LEO (ISS jako kontrapunkt). 26

Wariant	CAPEX (mld USD)	OPEX (mld USD/ rok)	Próg R_{\min} priy r=12% (mld USD/ rok)	„Spójny” wolumen przychodów (mld USD/rok)	Logika spójności
Park badawczy + anchor	3,0	0,90	~1,43	~1,55	anchor + EaaS + dane premium
Rotacje Social-AI	2,2	0,70	~1,09	~1,20	rotacje/misje + subskrypcje + EaaS
AI-ops + autonomia	1,5	0,45	~0,72	~0,85	sprzedaż autonomii wieloklientowej + dane

Wariant	CAPEX (mld USD)	OPEX (mld USD/ rok)	Próg R_{\min} przy r=12% (mld USD/ rok)	„Spójny” wolumen przychodów (mld USD/rok)	Logika spójności
Eco-Loop bioregeneracyjny	3,3	0,85	~1,43	~1,55	kontrakty R&D + licencje tech + dane
Certyfikacja + digital twin	1,8	0,50	~0,82	~1,05	rynek zaufania + benchmarki + dane

Jak czytać tabelę (ekonomicznie, „mrowiskowo”): w każdym wariantie przychody są dywersyfikowane tak, by co najmniej jeden strumień był „fundamentem stałych kosztów” (anchor albo silna subskrypcja/abonament), a pozostałe były strumieniami wzrostu. To jest formalnie zgodne z ekoniomią platform dwustronnych: platforma nie może skutecznie „monetyzować obu stron” bez początkowego subsydiowania lub gwarancji przychodu bazowego. ¹⁵

Kontrapunkty empiryczne do prognoz przychodów

Aby uniknąć pozornej precyzji, konfrontuję powyższe „spójne wolumeny” z realnymi obserwacjami:

- Firmy space-data (Spire, BlackSky, Planet) osiągają ~0,1-0,25 mld USD/rok przychodów, ale są to modele **bezzałogowe** (brak kosztu życia i ryzyk załogi), więc nie mogą bezpośrednio finansować habitatów; mogą jednak finansować **komponenty** hybrydy (data products, subskrypcje). ²⁷
- ISS National Lab pokazuje utrzymujący się popyt komercji na mikrogravitację (80% komercyjnych payloadów), co potwierdza, że **EaaS** może mieć realną stopę wykorzystania; ale to nadal dzieje się w ekosystemie z publiczną bazą. ¹⁸
- Kontrakty instytucjonalne typu Maxar/NGA (290 mln/5 lat) pokazują, że budżety na „AI-insights” istnieją, ale to wzmacnia tezę, że **anchor tenant** jest najczęściej realnym fundamentem wysokiej skali przychodowej w space-data. ¹¹

Wniosek dowodowy: modele hybrydowe są racjonalne wtedy, gdy przynajmniej jeden strumień przychodów ma charakter „instytucjonalno-abonamentowy” (anchor, certyfikacja, długie umowy), a nie wyłącznie transakcyjny (jednorazowa sprzedaż danych). To jest wprost konsekwencja wysokiego CAPEX i kosztów stałych. ²⁸

Mechanika motywacji, sprawiedliwość danych i governance jako warunek ekonomii Social-AI

Podział wartości: jak „kolektyw” motywuje mieszkańców i inwestorów bez destrukcji zaufania

Aby Social-AI nie degradowało się do „fabryki ekstrakcji danych”, podział wartości musi rozdzielać:

- wynagrodzenie za pracę (czas i funkcja),
- premię za ryzyko i izolację (czynnik kosmiczny),
- **dywidendę danych** (udział w zysku z produktów danych, w których wkład mieszkańca był kluczowy).

Formalnym narzędziem do dywidendy danych są metody wyceny wkładu danych do jakości modelu, np. **Data Shapley**, które definiują „wartość danych” jako marginalny wkład w skuteczność predykcji i

spełniają aksjomaty sprawiedliwej alokacji (w ujęciu teorii gier kooperacyjnych). ²⁹ Ekonomicznie to pozwala budować **mechanizm wynagradzania wkładu**, ale jednocześnie ograniczać patologie „produkcií danych dla premii” poprzez gating jakości (wymóg metadanych, powtarzalności).

Governance danych i modeli: artefakty jako „waluta zaufania” na rynku Social-AI

W wiosce, gdzie dane są produktami premium, governance jest częścią kosztu wytworzenia, ale także częścią **ceny rynkowej** (bez audytu produkt traci wartość). Dwa standardy dokumentacyjne są szczególnie uzasadnione:

- **Datasheets for Datasets:** propozycja standardowego opisu datasetu (motywacja, skład, zbiór, przetwarzanie, użycie, dystrybucja, utrzymanie, aspekty etyczne), aby uniknąć błędów i szkód w domenach wysokich stawek. ³⁰
- **Model Cards:** standard raportowania modeli (zamierzone użycia, wyniki, ograniczenia, procedury ewaluacji) jako element odpowiedzialnego wdrażania. ³¹

Dla ekonomii Social-AI oznacza to, że „produkt danych” musi być sprzedawany w pakiecie: dataset + datasheet + lineage + polityka dostępu + (jeśli dotyczy) model card dla modeli wytrenowanych na danych.

Prywatność, bezpieczeństwo behawioralne i „koszt człowieka” jako element OPEX

Entity["organization", "NASA", "us space agency"] opisuje ryzyka Human Factors and Behavioral Performance (HFBP), w tym ryzyko zaburzeń behawioralnych i nieadekwatnej współpracy zespołowej wynikających z izolacji, stresorów i dystansu od Ziemi. ³² W modelu ekonomicznym oznacza to, że: - governance danych osobowych jest nie tylko wymogiem etycznym, ale też elementem zarządzania ryzykiem finansowym (incydenty = koszt), - inwestycje w wspomaganie pracy zespołu (w tym AI) mają mierzalny zwrot, jeśli redukują błędy i koszty awarii.

Redukcja kosztu danych i prywatności przez architekturę „edge/federated”

W LEO koszty łączności i ograniczenia transmisji wzmacniają logikę przetwarzania na brzegu (edge). W sferze ML formalnym narzędziem jest **federated learning**, gdzie dane pozostają lokalnie, a przesyłane są tylko aktualizacje modelu. Klasyczna praca McMahan et al. opisuje federated learning jako sposób uczenia z danych rozproszonych, gdzie koszty komunikacji są głównym ograniczeniem i gdzie można redukować liczbę rund komunikacyjnych. ³³ Dla wioski kosmicznej to ma jednocześnie wymiar ekonomiczny (mniej transmisji) i etyczny (mniej ekspozycji danych wrażliwych).

Heurystyki „mrowiska” jako redukcja kosztu koordynacji

Twoje założenie „organiczności” (mrowisko) wprowadzam jako mechanizm ekonomiczny: redukcję kosztu koordynacji i wzrost „learning per unit cost”. Stigmergia jest w literaturze opisywana jako mechanizm samorganizacji, gdzie lokalne zmiany środowiska wywołują kolejne zachowania, a efekt globalny jest koordynowany bez centralnego sterowania; badania w robotyce pokazują przeniesienie tej logiki do systemów sztucznych (środowisko jako nośnik „śladów”). ³⁴ W kontekście wioski oznacza to projekt „cyfrowych feromonów”: minimalnych śladów zdarzeń i decyzji (z gatingiem jakości), które jednocześnie karmią AI (dane) i porządkują współpracę (spadek kosztu zarządzania).

Wnioski: które warianty są najbardziej racjonalne i jakie mają kryteria sukcesu

W świetle kotwic kosztowych (ISS ~4,1 mld USD/rok; CAPEX stacji klasy Starlab ~2,8–3,3 mld USD) oraz empirycznych sygnałów popytu (przychody space-data w setkach mln USD/rok; duże kontrakty instytucjonalne na AI-insights; wysoki udział komercyjnych payloadów ISS National Lab), najbardziej racjonalne ekonomicznie są hybrydy, które **nie próbują zastąpić rynku danych rynkiem „jednego datasetu”**, tylko:

- budują fundament stałych kosztów poprzez **anchor tenant / abonament / certyfikację**,

- monetyzują dane jako produkty premium (audytowalne, rzadkie, konsekwencyjne),
- obniżają OPEX poprzez ekologię (zamykanie pętli) i autonomię (redukcja kosztu czasu ludzi), co jest mierzalne względem cen cienia zasobów.

Jeśli przyjąć Twoją heurystykę „dane brakujące + cel + trend + problem”, to pięć zaproponowanych modeli różni się tym, jakie „braki” adresują:

- park badawczy: brak wiarygodnej komercyjnej platformy mikro-g w modelu rynkowym,

- rotacje Social-AI: brak realistycznych danych o kompetencjach ludzkich i human-AI teamwork w warunkach ekstremalnych,
- AI-ops: brak sprawdzonych danych i produktów autonomii dla habitatów,
- Eco-Loop: brak stabilnych danych sterowania pętlami obiegu zamkniętego dla życia i produkcji,
- certyfikacja: brak rynkowego mechanizmu zaufania (benchmark+audyt) dla agentów AI w systemach krytycznych.

W modelu naukowym każdy wariant pozostaje falsyfikowalny: jeśli nie potrafi zbudować stabilnego, abonamentowego fundamentu przychodów na poziomie progowym R_{min} , model staje się ekonomicznie niestabilny niezależnie od możliwości generowania danych. A to sprowadza się do jednego twardego warunku: **czy wioska potrafi przekształcić „brakujące dane” w długoterminowy kontrakt na wartość (usługę, certyfikację, subskrypcję), zanim rynek danych nasyci się alternatywami.**

1 2 23 35 NASA Office of Inspector General NASA's Management

https://oig.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/09/ig-24-020.pdf?utm_source=chatgpt.com

3 14 26 28 sec.gov

https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1788060/000162828025030832/voyager-424b4finalprospect.htm?utm_source=chatgpt.com

4 16 Toward the LEO economy: A value assessment of commercial space stations for space and non-space users - ScienceDirect

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576524007306?utm_source=chatgpt.com

5 17 21 NASA Achieves Water Recovery Milestone on International Space Station - NASA

https://www.nasa.gov/missions/station/iss-research/nasa-achieves-water-recovery-milestone-on-international-space-station/?utm_source=chatgpt.com

6 25 ESA - MELiSSA life support project, an innovation network in support to space exploration

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/MELiSSA_life_support_project_an_innovation_network_in_support_to_space_exploration?utm_source=chatgpt.com

7 Melissa Foundation

https://www.melissafoundation.org/page/melissa-project?utm_source=chatgpt.com

- 8 27 Spire Global Announces Fourth Quarter and Full Year 2024 Results :: Spire Global, Inc. (SPIR)
https://ir.spire.com/news-events/press-releases/detail/250/spire-global-announces-fourth-quarter-and-full-year-2024?utm_source=chatgpt.com
- 9 BlackSky reports fourth quarter and full year 2024 results - BlackSky
https://blacksky.com/press-releases/blacksky-reports-fourth-quarter-and-full-year-2024-results/?utm_source=chatgpt.com
- 10 pl-20250131
https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1836833/000183683325000050/pl-20250131.htm?utm_source=chatgpt.com
- 11 20 Maxar Selected for NGA's \$290 Million, 5-Year Luno A IDIQ Contract | Maxar
https://www.maxar.com/press-releases/maxar-selected-for-nga-s-290-million-5-year-luno-a-idiq-contract?utm_source=chatgpt.com
- 12 18 22 Executive Summary - ISS National Lab
https://issnationallab.org/about/annual-quarterly-reports-metrics/fy24-annual-report/fy24-executive-summary/?utm_source=chatgpt.com
- 13 NASA Names CASIS To Manage Space Station National Lab Research - NASA
https://www.nasa.gov/news-release/nasa-names-casis-to-manage-space-station-national-lab-research-2/?utm_source=chatgpt.com
- 15 Platform Competition in Two-Sided Markets | TSE
https://www.tse-fr.eu/publications/platform-competition-two-sided-markets?utm_source=chatgpt.com
- 19 24 Private Astronaut Missions - NASA
https://www.nasa.gov/humans-in-space/private-astronaut-missions/?utm_source=chatgpt.com
- 29 Data Shapley: Equitable Valuation of Data for Machine Learning
https://proceedings.mlr.press/v97/ghorbani19c.html?utm_source=chatgpt.com
- 30 Datasheets for Datasets - ADS
https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018arXiv180309010G/abstract?utm_source=chatgpt.com
- 31 Model Cards for Model Reporting - Science Explorer Abstract
https://scixplorer.org/abs/2018arXiv181003993M/abstract?utm_source=chatgpt.com
- 32 HFBP Risks - NASA
https://www.nasa.gov/hrp/human-factors-and-behavioral-performance/hfbp-risks/?utm_source=chatgpt.com
- 33 Communication-Efficient Learning of Deep Networks from Decentralized Data
https://proceedings.mlr.press/v54/mcmahan17a.html?utm_source=chatgpt.com
- 34 Stigmergy, self-organization, and sorting in collective robotics - PubMed
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10633575/?utm_source=chatgpt.com