



Ekonomiczna opłacalność „wioski kosmicznej” jako pasywnego, ekologicznego centrum produkcji produktów danych dla rozwoju AI

Metodologia oceny opłacalności i definicje robocze

Hipoteza, którą weryfikuje ten raport, brzmi: **czy „wioska kosmiczna” (stały lub długookresowy habitat w LEO/cislunar) zaprojektowana jako pasywno-ekologiczna infrastruktura może być samowystarczalna finansowo i rentowna, jeśli jej głównym produktem rynkowym są produkty danych dla rozwoju AI.** Analiza opiera się na trzech warstwach: (i) **ekonomiczne operacji orbitalnych** (CAPEX/OPEX, koszty logistyki, ryzyko), (ii) **ekonomiczne danych** (wartość marginalna, wycena wkładu danych, rynek licencji), oraz (iii) **mechanice wytwarzania produktów danych** (standaryzacja, metadane, pochodzenie, bezpieczeństwo).

W raporcie przyjęto rozróżnienie: - **Surowe strumienie danych** (telemetria, video, logi) vs. **produkty danych** (zestawy danych + metadane + walidacja + ślady audytowe + licencje i reguły użycia). - **Viability** (zdolność do pokrycia OPEX z przychodów, utrzymanie płynności) vs. **profitability** (nadwyżka ekonomiczna po uwzględnieniu amortyzacji kapitału i kosztu kapitału). - **Model „data-only”** (dominująca sprzedaż danych AI) vs. **model hybrydowy** (dane jako produkt główny, ale wspierany przez inne strumienie: najem infrastruktury, „experiment-as-a-service”, kontrakty rządowe jako anchor tenant).

Źródła pierwotne i urzędowe, które wyznaczają ramy kosztowe i rynkowe, to przede wszystkim audyty i raporty [Entity\["organization","NASA Office of Inspector General","us space agency watchdog"\]](#) o kosztach utrzymania infrastruktury LEO oraz oficjalne polityki cenowe [Entity\["organization","NASA","us space agency"\]](#) dla komercyjnego wykorzystania zasobów stacji.¹ Wątek „perspektywy Polski” osadzono w dokumentach rządowych (strategie) oraz w publikacjach [Entity\["organization","Polska Agencja Kosmiczna","polish space agency"\]](#) i administracji publicznej o gospodarce kosmicznej i roli danych.²

Wymóg użytkownika „start od konektorów” zrealizowano przez analizę repozytoriów GitHub (glitchlab, sbom, swarm). Próba użycia konektora Gmail zakończyła się błędem środowiska (wymagany tryb interaktywny), więc nie wniosł on danych do wnioskowania.

Struktury kosztów i twarde ograniczenia ekonomiczne operacji orbitalnych

Kotwice kosztowe: ile kosztuje „zamieszkała infrastruktura LEO”

Najlepszą publiczną kotwicą porównawczą dla kosztów stałej obecności człowieka w LEO pozostaje [Entity\["point_of_interest","International Space Station","low earth orbit space station"\]](#). Audyt OIG wskazuje, że **ISS wraz z powiązanymi operacjami i badaniami kosztuje ok. 4,1 mld USD rocznie** (rząd wielkości; obejmuje m.in. utrzymanie, operacje i badania).³

Ten sam raport podaje, że przejście od stacji rządowej do komercyjnej ma (w estymacjach NASA)

przynosić oszczędności rzędu **1,3-1,8 mld USD rocznie**, zależnie od oczekiwanych zdolności i cen usług destynacji komercyjnych. ⁴

To ustawia punkt wyjścia: nawet „tańsza” komercyjna wioska-destynacja, która ma zapewniać podobne funkcje badawczo-operacyjne, musi mierzyć się z ekonomicznie setek milionów do kilku miliardów USD rocznie w ekwiwalencie usług i ryzyk.

Cennik zasobów orbitalnych jako ujawniony „shadow price” (upmass, downmass, czas załogi)

Polityka cenowa NASA dla działań komercyjnych na ISS publikuje **reimbursable values** (wartości refundacyjne), które w praktyce pełnią rolę „ceny cienia” za najbardziej ograniczone zasoby. W tabeli cen widnieją m.in.: **upmass (cargo pasywny) 20 000 USD/kg, downmass 40 000 USD/kg, czas załogi 130 000 USD/godz.** ⁵

Wątek prywatnych misji astronautycznych pokazuje dodatkowo koszty integracji i usług bazowych (rzędu milionów USD/misję) oraz cenę wyżywienia ok. 2000 USD/osobę/dzień (w ramach tej polityki). ⁶

Od strony modelu biznesowego dane te mają krytyczne znaczenie: **jeśli produkt danych wymaga znacznego udziału czasu człowieka lub dużego volumenu logistyki, przychód musi być porównywalny z tym „cennikiem ograniczeń”.**

Ekologia i „pasywność” jako mechanizm redukcji OPEX: przykład wody i pętli regeneracyjnych

W środowisku orbitalnym „ekologia” nie jest kwestią wizerunku — jest ekonomicznością logistyki. NASA raportuje demonstrację systemów podtrzymywania życia ECLSS osiągających **98% odzysku wody** dzięki procesorowi solanki (Brine Processor Assembly), podczas gdy wcześniej było to ok. 93–94%. ⁷

Konsekwencja ekonomiczna jest czytelna: przy cenie upmass 20 000 USD/kg ⁵, każdy zredukowany kilogram „dostaw” jest równocześnie redukcją stałego obciążenia budżetu misji.

Równolegle europejski program zamkniętych ekosystemów (MELiSSA) jest wprost rozwijany jako **regeneracyjny system podtrzymywania życia** (produkcja żywności, odzysk wody, regeneracja atmosfery i wykorzystanie odpadów). ⁸

To ważne, bo w modelu „wioski danych” najdroższą częścią OPEX nie musi być sama elektronika i serwery, lecz **utrzymanie ludzi i infrastruktury w trybie ciągłym** (zapas, serwis, bezpieczeństwo, wymiany, redundancja).

Minimalny „rachunek masy” dla crewed habitat (konserwatywny model planistyczny)

NASA (NTRS) publikuje orientacyjne masy potrzeb dziennie na członka załogi (np. dla misji powierzchniowej): **żywność 2,4 kg/dzień, woda do picia 2,8 kg/dzień, woda do przygotowania żywności 0,5 kg/dzień, tlen 0,9 kg/dzień.** ⁹

Taki „ledger” pozwala oszacować, że nawet przy bardzo wysokim odzysku wody, **żywność i części zamienne pozostają głównymi składnikami logistycznego OPEX** (chyba że habitat ma realną, energetycznie wydajną produkcję żywności na miejscu).

Kontekst komercjalizacji destynacji LEO

NASA formalnie stymuluje rynek komercyjnych destynacji LEO (jako następstwo ISS), podpisując umowy w programie CLD: w 2021 r. opublikowano wartości rzędu **415,6 mln USD łącznie** dla trzech umów

rozwojowych: Entity["company", "Blue Origin", "space company"] (130 mln), Entity["company", "Nanoracks", "space company"] (160 mln), Entity["company", "Northrop Grumman", "aerospace company"] (125,6 mln). ¹⁰

Równolegle kontrakt na moduł komercyjny do ISS dla Entity["company", "Axiom Space", "commercial space station company"] miał maksymalną wartość ok. 140 mln USD (ID/IQ, okres do 7 lat). ¹¹

Te liczby nie są pełnym CAPEX stacji (to raczej finansowanie rozwoju projektu), ale pokazują dwa fakty rynkowe: (i) **wioska-destynacja LEO powstaje w modelu platformy usługowej**, a (ii) wejście na rynek bez kontraktów instytucjonalnych jest ekstremalnie trudne kapitałowo.

Wartość rynkowa danych dla AI: kto miały płacić i za co, a kto raczej nie

Perspektywa organizacji AI: dane są krytyczne, ale liczy się „marginalny zwrot z danych”

Literatura o skalowaniu modeli językowych pokazuje, że jakość/struktura danych i ich ilość wpływają na osiągi modelu w sposób regularny (zależności typu power-law). ¹²

Jednocześnie prace o compute-optimal training wskazują, że **dla budżetu obliczeń optymalny jest reżim, w którym skala modelu i liczba tokenów treningowych rosną „w parze”**; podkreśla się, że część modeli bywa „niedotrenowana” z powodu niedoboru danych. ¹³

Z perspektywy dużych laboratoriów AI wniosek ekonomiczny jest następujący: **wartość danych zależy od tego, czy są skalowalne wolumenowo oraz czy redukują ryzyko (np. safety), a nie od samej egzotyki źródła**. Dane z wioski kosmicznej są z definicji: - bardzo kosztowne w pozyskaniu (czas załogi, logistyka, ryzyko), ¹⁴

- ograniczone wolumenowo (łączność i storage też są zasobem), ⁶
- unikalne kontekstowo (mikrogravitacja, izolacja, „closed environment”).

To czyni je **słabym kandydatem na masowe dane treningowe dla LLM**, ale potencjalnie **bardzo dobrym kandydatem na dane do:** (i) uczenia agentów w domenach **safety-critical**, (ii) **validacji i testów (benchmark-as-a-service)**, (iii) **uczenia „procedur i autonomii operacyjnej”**, (iv) **modeli zdrowia i adaptacji człowieka**.

Empiryczny sygnał gotowości do płacenia za dane: licencjonowanie treści przez OpenAI i rynek „premium data”

W praktyce rynkowej widać rosnącą skłonność dużych graczy do **formalnego licencjonowania treści** jako źródła danych i jako elementu produktu. Przykładowo, OpenAI publikuje informacje o partnerstwach wydawniczych (m.in. z Entity["company", "Financial Times", "newspaper publisher"] i Entity["company", "Axel Springer", "publisher"]), które mają służyć zarówno poprawie użyteczności modeli, jak i dostarczaniu treści w ChatGPT z atrubucją. ¹⁵

Równocześnie media opisują, że umowa z Entity["company", "News Corp", "media conglomerate"] mogła mieć wartość „ponad 250 mln USD w 5 lat” (informacja dziennikarska; kluczowe jest to, że rząd wielkości to dziesiątki mln USD rocznie). ¹⁶

Wniosek dla „wioski danych”: **rynek premium data istnieje**, ale jego „kotwice cenowe” są raczej w przedziale dziesiątek mln USD/rok na pojedynczą, bardzo dużą umowę — co zderza się z OPEX habitatów orbitalnych rzędu setek mln USD/rok i więcej (w zależności od skali). ¹⁷

Perspektywa „zwykłych ludzi” w strukturach R&D: czym jest korzyść prywatna z produkcji danych w kosmosie

Dla osób mieszkających i pracujących w takiej wiosce, ekonomiczna propozycja wartości musi wykraczać poza „misję”. W praktyce obejmuje: - **premię ryzyka** (ryzyko zdrowotne i psychospołeczne, izolacja, promieniowanie), co jest konsystentne z tym, że bezpieczeństwo i utrzymanie stacji są centralnym źródłem kosztów/risk management. ³

- **udział w wartości danych** (data dividend/licensing), który musi być formalizowany przez governance; teza o potrzebie „sprawiedliwej wyceny wkładu danych” ma zaplecze w literaturze o Data Shapley. ¹⁸
- **kapitał kariery** (publikacje, patenty, sponsoring), analogiczny do efektów obserwowanych w działalności ISS National Lab, gdzie dominują interesy prywatnego sektora w portfelu badań i rośnie liczba instalacji komercyjnych. ¹⁹

Model biznesowy „Space Village Data Factory”: produkty danych, pasywno-ekologiczna infrastruktura i stol technologiczny

Teza projektowa: „sprzedajemy nie dane surowe, tylko audytowalne produkty danych z dowodem pochodzenia”

Ekonomicznie realistyczny model biznesowy dla wioski kosmicznej nastawionej na AI powinien zakładać, że przewaga konkurencyjna nie wynika z posiadania większej ilości danych, lecz z posiadania danych: 1) **unikalnych środowiskowo** (mikrogravitacja/izolacja/closed loop),
2) z **konsekwencją operacyjną** (decyzje i błędy mają koszt),
3) z **wysoką jakością metadanych i audytowalnością**, dzięki której dane są używalne w R&D i certyfikacji.

W tym miejscu wprost wykorzystuję logikę z analizowanych repozytoriów GitHub: zamiast „hurtowego logowania wszystkiego”, system powinien wytwarzanie **artefakty iteracyjne i „delta-first”**.

Wkład repozytoriów DonkeyJJLove jako „operacyjnego OS danych” dla wioski

GlitchLab (Human-AI generatywny rozwój oprogramowania) wnosi formalizm, który można przełożyć z inżynierii kodu na inżynierię procesów habitatowych: „delta-first”, „jedna pętla → jeden artefakt”, automatyczne wytwarzanie artefaktów (.glx) oraz fail-closed gating jakości i bezpieczeństwa. W kontekście „data factory” oznacza to architekturę, gdzie każda aktywność (eksperyment, procedura, interakcja człowiek-AI) generuje **standardowy pakiet dowodowy**: co się zmieniło (Δ), w jakich warunkach, z jaką walidacją.

sbom (SBOM LAB, DevSecOps, pomiar→próg→decyzja) dostarcza wzorca „epistemicznej pętli” o wysokiej użyteczności w środowisku safety-critical: SBOM jako „odcisk” relacji bytu w czasie, strumień zdarzeń sbom/scan/delta/gate i analityka (Elastic/Splunk) jako pamięć wnioskowania, a nie tylko logi. W wiosce kosmicznej ten wzorzec rozciąga się na „SBOM/MBOM habitat”: pochodzenie komponentów, ich zmiany, podatności, licencje, a w warstwie danych — „dowód” integralności pipeline'u danych.

swarm (telemetria floty dronów, Kubernetes + obserwonalność + AI service) dostarcza gotową architekturę zbierania telemetrii wielu agentów (robotów/sensorów), magazynowania danych (PostgreSQL), integracji predykcji AI jako mikroserwisu, oraz komplet warstwy obserwonalności i bezpieczeństwa sieciowego (monitoring, tracing, RBAC, NetworkPolicy).

W praktyce to jest „blueprint” dla intra-habitat data plane: czujniki, roboty inspekcyjne, systemy utrzymania życia, i warstwa agentów AI.

Diagram logiki biznesowej: koszt ograniczeń → wytwarzanie artefaktów → monetyzacja

```

flowchart LR
    A[Habitat: energia, ECLSS, logistyka, bezpieczeństwo + roboty\ntelemetria, wideo, logi decyzji] --> B[Instrumentacja
+ produkty AI\ncyber + benchmarki + ślady audytu]
    B --> C[Kuracja i standaryzacja\nmetadane, anonimizacja, wersjonowanie]
    C --> D[Produkty danych AI\ncyber + benchmarki + ślady audytu]
    D --> E[Klienci AI i przemysł\ncyber, subskrypcje, projekty R&D]
    E --> F[Przychody]
    F --> G[Finansowanie OPEX + CAPEX]

    H[Ograniczenia kosztowe\nupmass, downmass, crew time] -.wyznaczają progi
    rentowności.-> G
    I[Ekonologia/regeneracja\nzamykanie pętli] -.redukuje logistykę.-> H
    J[Kontrola jakości i bezpieczeństwa\nfail-closed, SBOM, gating] -.podnosi
    wartość danych.-> D

```

Logika jest celowa: przy wysokich kosztach „hardware + życie + ryzyko” w kosmosie ²⁰, jedyną racjonalną strategią sprzedaży danych jest sprzedawanie **produktów o dużej wartości na jednostkę resursu** (godzina załogi, kilogram upmass) — a nie danych masowych.

Portfolio produktów danych (propozycja komercyjna)

Linia produktu	Co jest sprzedawane	Dlaczego „space-only” wnosi przewagę	Typowy klient	Kotwica kosztowa i konsekwencja dla ceny
Dataset autonomii operacyjnej habitatów	logi decyzji, procedury, zdarzenia awarii, rekomendacje AI + outcomes	realne ograniczenia bezpieczeństwa i zasobów, których symulacje nie oddają	aerospace/robotyka, agencje, integratorzy autonomii	cena musi pokrywać „czas załogi” i ryzyko; crew time ma wartość 130k USD/h. ⁵
Closed-loop life support & ekosystem	telemetria pętli woda/ powietrze/ odpady, sterowanie, stabilność, interwencje	dane z rzeczywistych pętli regeneracyjnych i ich dryfów; powiązanie z biologią	sektor kosmiczny, firmy „habitat tech”, R&D obieg zamknięty na Ziemi	uzasadnienie premium: logistyka jest najdroższa; odzysk wody 98% to kluczowa dźwignia OPEX. ²¹

Linia produktu	Co jest sprzedawane	Dlaczego „space-only” wnosi przewagę	Typowy klient	Kotwica kosztowa i konsekwencja dla ceny
Human-AI community interaction	dane o koordynacji pracy, błędach, zaufaniu, obciążeniu	„laboratorium instytucji” w warunkach izolacji i opóźnień	zespoły agentów, HCI/HRI, bezpieczeństwo pracy	ograniczenia prywatności i etyki podnoszą koszt kuracji; produkt musi być silnie zanomizowany
„DevSecOps in Space” (artifact-grade)	SBOM/ zdarzenia scan/delta/ gate + patching trace	bezpieczeństwo supply chain w środowisku, gdzie błąd ma koszt katastrofalny	cyber/ DevSecOps, integratorzy, rząd	„fail-closed” i audytowalność jako wartość dodana; inspiracja: sbom LAB.
Digital twin + benchmark-as-a-service	dane + symulator + zadania benchmarkowe + leaderboard	umożliwia uczenie i porównanie agentów na realistycznym cyfrowym bliźniaku	laboratoria AI, uczelnie, przemysł	obniża koszt dostępu (nie trzeba wysyłać wszystkiego na orbitę); „hybryduje” ofertę

Rachunek ekonomiczny i scenariusze rentowności

Rachunek ekonomiczny: struktura kont (CAPEX/OPEX) dla „wioski danych”

CAPEX (przykładowy plan kont): konstrukcja i integracja modułów; systemy zasilania i termiki; ECLSS/regeneracja; robotyka i instrumentacja; infrastruktura danych (storage/compute/edge); segment naziemny (operacje + data platform); koszty startu/assemblingu; certyfikacja, ubezpieczenia, projekt deorbitu. Skala tych kosztów jest wspierana dowodami, że same programy rozwojowe komercyjnych destynacji mają setki mln USD finansowania, zanim powstanie infrastruktura operacyjna. ²²

OPEX (przykładowy plan kont): wynagrodzenia i rotacje załogi; resupply/upmass oraz downmass próbek/artefaktów; operacje i MCC; serwis i części; energia i degradacja systemów; cyber i compliance; amortyzacja/rezerwy. OIG dokumentuje, że utrzymanie stałej infrastruktury LEO oraz ryzyka starzenia, pęknięć i przecieków generują trwałe obciążenia operacyjne i kosztowe. ³

Minimalna matematyka break-even: ile sprzedaży rocznie musi generować „data village”

Dla uproszczonej oceny używam 10-letniego horyzontu i kosztu kapitału 10% (typowy rząd wielkości dla przedsięwzięć wysokiego ryzyka; w praktyce może być wyższy). Wtedy warunek średniego break-even ($NPV \approx 0$) dla stałych przepływów jest:

$$\text{Wymagana sprzedaż roczna} \approx \text{OPEX} + \frac{\text{CAPEX}}{A(r, 10)}$$

gdzie $A(r, 10)$ jest czynnikiem renty przy stopie r . Tabela poniżej pokazuje **średnią roczną sprzedaż wymaganą do „ekonomicznego domknięcia” projektu w 10 lat przy 10%** (bez modelowania turbulencji i opóźnień, czyli w wariancie optymistycznym).

CAPEX (mld USD)	OPEX (mld USD/rok)	Wymagana średnia sprzedaż (mld USD/rok)
1,0	0,2	0,36
1,0	0,6	0,76
2,0	0,4	0,73
3,0	0,6	1,09
5,0	1,0	1,81

Interpretacja: jeśli docelowa wioska danych miałaby CAPEX ~3 mld USD i OPEX ~0,6 mld USD/rok (skala „dużej” infrastruktury, ale mniejszej niż ISS) to należałoby utrzymywać **~1,1 mld USD sprzedaży rocznie** w średniej dekady, żeby „zamknąć” projekt finansowo. Dla modelu **data-only** oznacza to konieczność kilkunastu-kilkudziesięciu umów klasy „dziesiątki mln USD/rok” albo kilku kontraktów instytucjonalnych klasy „setki mln-mld USD/rok”. Jako punkt odniesienia: rynek licencjonowania treści dla OpenAI ma doniesienia o umowach rzędu dziesiątek mln USD rocznie dla dużych wydawców. ²³

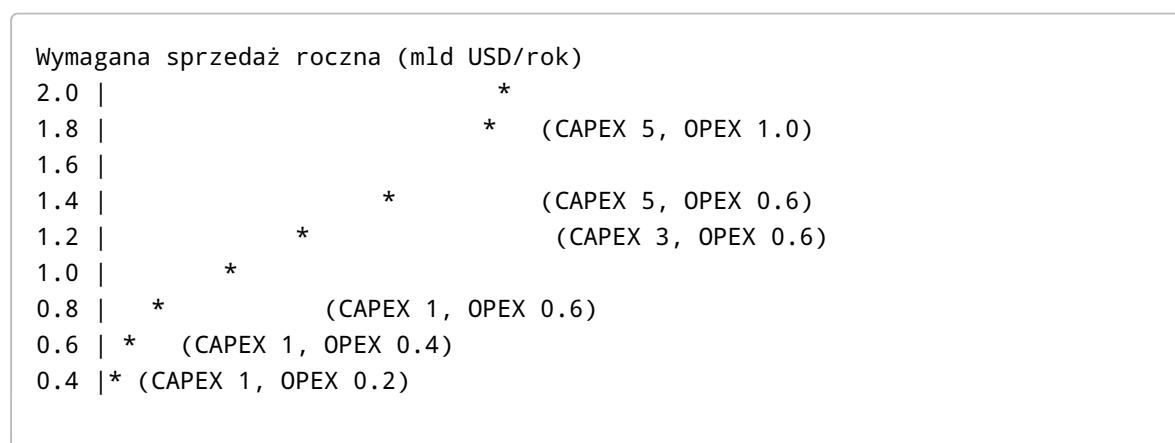
Konserwatywny „rachunek logistyczny”: dlaczego najszybciej zabija ekonomię masa, a nie AI

Posługując się planistycznymi masami dziennymi na osobę (żywność, woda, tlen) ⁹ i ceną upmass 20 000 USD/kg ⁵, widać, że: - bez wysokiego odzysku wody koszt logistyczny byłby astronomiczny; demonstracja 98% odzysku jest więc ekonomicznym „must have”. ⁷

- nawet przy dobrym odzysku wody, **żywność** (2,4 kg/d/os.) pozostaje dominującym składnikiem masy, jeśli nie ma lokalnej produkcji (co z kolei podnosi CAPEX, złożoność i ryzyko biologiczne). ²⁴

To prowadzi do wniosku „twardego”: **pełna ekonomiczna samowystarczalność wioski danych wymaga, aby ekologia (zamykanie pętli) była rdzeniem modelu finansowego, a nie dodatkiem.**

Wykres scenariuszy: „próg sprzedaży” vs skala kosztów



mała skala

duża skala

Wniosek: **data-only** ma realną szansę na viability/profitability tylko w reżimie „małej skali” (CAPEX ok. 1 mld USD, OPEX ok. 0,2-0,4 mld USD/rok) albo przy istnieniu **anchor tenant** (np. agencja/obrona) finansującego większość kosztów bazowych, co jest zgodne z obrazem gospodarki kosmicznej, gdzie państwa są dużym źródłem budżetów i popytu infrastrukturalnego. ²⁵

Perspektywa ludzi i badaczy: bodźce, umowy społeczne i „sprawiedliwość danych”

Problem ekonomiczny: ludzie są jednocześnie operatorami i „generatorami danych”

W modelu wioski danych człowiek bywa: 1) pracownikiem (time-based productivity),
2) badaczem (publikacje/patenty),
3) „źródłem danych” (zachowanie, komunikacja, biometria),
4) współtwórcą danych z AI (feedback, korekty, decyzje).

To tworzy nieuniknione napięcia: jak zabezpieczyć prywatność i godność, a jednocześnie utrzymać jakość danych do AI oraz sprawiedliwy podział wartości.

Mechanizm rozliczeń: „data dividend” oparty o wycenę wkładu danych

Literatura o Data Shapley proponuje formalną metodę przypisywania wartości pojedynczym danym poprzez ich wkład w jakość predykcji modelu i spełnianie aksjomatów „sprawiedliwej wyceny”. ¹⁸

W praktyce wioski kosmicznej można z tego zbudować rachunkowość: pracownik/badacz otrzymuje (poza pensją) **udział w przychodzie z produktu danych**, proporcjonalny do „wkładu” mierzonego metryką przyrostu jakości benchmarku lub spadku ryzyka operacyjnego.

Proponowany „pakiet korzyści” dla mieszkańców wioski danych

Element kontraktu	Uzasadnienie ekonomiczne	Wymogi governance
Wynagrodzenie + premia ryzyka	koszty alternatywne kariery + ryzyko i izolacja; bezpieczeństwo jest centralnym ryzykiem OPEX	standardy medyczne, ubezpieczenia, protokoły awaryjne
Udział w przychodach z danych (data dividend)	zachęca do jakości danych i długotrwałej współpracy	formalne zasady praw do danych, anonimizacja, audyt
„Publikacyjne prawa badacza” (time allocation)	buduje kapitał kariery i retencję talentów	polityka publikacji, ochrona IP i podział praw
Program rotacji / ścieżki powrotu	ogranicza długookresowy koszt psychospołeczny i ryzyko wypalenia	planowanie zasobów, redundancja kompetencji

Analogicznie do obserwacji instytucjonalnych modeli użytkowania LEO (ISS National Lab), gdzie rośnie udział badań prywatnego sektora i liczba instalacji komercyjnych, mieszkaniec wioski danych powinien

mieć ścieżkę realnego współdziałania w efektych, inaczej model traci zdolność rekrutacji i utrzymania talentów. 19

Ryzyka ekonomiczne i strategie mitigacji

Macierz ryzyk krytycznych

Ryzyko	Mechanizm utraty opłacalności	Mitigacja „w stylu data factory”
Nieosiągnięcie skali przychodów z danych	brak klientów premium; rynek danych AI nie absorbuje „space-priced data”	hybrydyzacja: digital twin + benchmark-as-a-service; anchor tenant; segmentacja produktów
Koszty logistyki i części	upmass/downmass eskaluje OPEX; spares i awarie rosną wraz ze starzeniem	ekologia/regeneracja (woda 98%); predykcyjne utrzymanie; automatyzacja inspekcji i serwisu 21
Ryzyka bezpieczeństwa i starzenia infrastruktury	awarie strukturalne i przecieki zwiększą koszty i mogą przerwać produkcję	konserwacja predykcyjna + rezerwy; projektowanie modułowe; redundancja transportu 3
Ryzyka prawne/etyczne danych człowieka	brak zgód, spory o prywatność, utrata zaufania → utrata źródła danych	model spółdzielczy danych i audyt; anonimizacja; „fail-closed” w dostępie
Cyber i supply chain	kompromitacja pipeline'u danych niszczy „premium” i uniemożliwia sprzedaż	SBOM/zdarzenia scan/delta/gate; gating jakości; niezmienność śladów (inspiracja sbom + glitchlab)

Konkluzja o rentowności: kiedy to ma sens, a kiedy nie

Na podstawie kotwic kosztowych (ISS ~4,1 mld USD/rok; ceny zasobów typu 20k USD/kg i 130k USD/h) 20 oraz realiów rynku premium data (licencjonowanie treści jako punkt odniesienia cenowego) 26, wynik jest restrykcyjny:

- 1) **Model „space village data-only” jest mało prawdopodobny jako samodzielnie rentowny** w średnim horyzoncie, chyba że habitat jest mały (CAPEX ~1 mld USD i OPEX ~0,2–0,4 mld USD/rok) albo dysponuje kontraktem anchor tenant pokrywającym bazę kosztową.
- 2) Ekonomiczna niska istnieje, ale jest wąska: **dane „space-unique” mają sens jako produkty premium dla wąskich segmentów** (autonomia, closed-loop life support, safety-critical robotics, human factors), a nie jako hurtowe „paliwo” do treningu LLM. Zależności skalowania danych i compute sugerują, że duże modele konsumują ogromne wolumeny danych, których wioska kosmiczna nie dostarczy ekonomicznie. 27
- 3) Największą dźwignią opłacalności jest „ekologia jako rachunek masy”: demonstracje odzysku wody (98%) i programy regeneracyjnego life support (MELiSSA) są nie tyle „zielone”, co **finansowo konieczne**. 28
- 4) Repozytoria glitchlab/sbom/swarm pokazują praktycznie, jak budować **pipeline danych o wysokiej audytowalności i jakości** (delta-first, pomiar→próg→decyzja, telemetria + obserwowalność +

mikroserwisy AI). To jest warunek konieczny, by w ogóle próbować monetyzować dane „kosmiczne” w segmencie AI, bo bez dowodu pochodzenia i fail-closed quality control produkt danych traci premium.

W perspektywie Polski szczególnie realistycznym kierunkiem nie jest budowa całej wioski kosmicznej jako przedsięwzięcia „data-only”, lecz **budowa kompetencji downstream**: produkty danych, standardy, bezpieczeństwo, analytyka i cyfrowe bliźniaki jako eksportowalne składniki gospodarki kosmicznej i cyfrowej, co jest zbieżne z celami Polskiej Strategii Kosmicznej (silny udział w rynku europejskim i wykorzystanie danych satelitarnych w administracji i gospodarce). ²⁹

- 1 3 4 17 20 <https://oig.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/09/ig-24-020.pdf>
<https://oig.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/09/ig-24-020.pdf>
- 2 29 <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/polska-strategia-kosmiczna>
<https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/polska-strategia-kosmiczna>
- 5 14 https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2019/05/02_pricing_table_a.png?w=1337
https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2019/05/02_pricing_table_a.png?w=1337
- 6 https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2019/05/03_pricing_table_b_final.png?w=1561
https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2019/05/03_pricing_table_b_final.png?w=1561
- 7 21 28 <https://www.nasa.gov/missions/station/iss-research/nasa-achieves-water-recovery-milestone-on-international-space-station/>
<https://www.nasa.gov/missions/station/iss-research/nasa-achieves-water-recovery-milestone-on-international-space-station/>
- 8 https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/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
- 9 24 https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220002574/downloads/SpaceHabitatEPO-final%20version_2_16.pdf
https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220002574/downloads/SpaceHabitatEPO-final%20version_2_16.pdf
- 10 22 <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-selects-companies-to-develop-commercial-destinations-in-space/>
<https://www.nasa.gov/news-release/nasa-selects-companies-to-develop-commercial-destinations-in-space/>
- 11 <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-selects-first-commercial-destination-module-for-international-space-station/>
<https://www.nasa.gov/news-release/nasa-selects-first-commercial-destination-module-for-international-space-station/>
- 12 27 <https://arxiv.org/abs/2001.08361>
<https://arxiv.org/abs/2001.08361>
- 13 <https://arxiv.org/abs/2203.15556>
<https://arxiv.org/abs/2203.15556>
- 15 <https://openai.com/index/content-partnership-with-financial-times/>
<https://openai.com/index/content-partnership-with-financial-times/>
- 16 23 26 <https://apnews.com/article/a49144d381796df5729c746f52fbef19>
<https://apnews.com/article/a49144d381796df5729c746f52fbef19>
- 18 <https://arxiv.org/abs/1904.02868>
<https://arxiv.org/abs/1904.02868>

¹⁹ <https://casis.org/>

<https://casis.org/>

²⁵ https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/12/the-space-economy-in-figures_4c52ae39/fa5494aa-en.pdf

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/12/the-space-economy-in-figures_4c52ae39/fa5494aa-en.pdf