

# Architektura Systemów Progresywnych w Inżynierii Aplikacji Treningowych: Synteza Fizjologii Wysiłku, Algorytmiki i Strategii Retencji Użytkownika

## 1. Wstęp: Ewaluacja Dokumentacji Źródłowej i Paradygmat Projektowy

Współczesny rynek aplikacji fitness, którego wartość szacowana jest na dziesiątki miliardów dolarów, odchodzi od prostych rejestratorów aktywności (loggers) na rzecz zaawansowanych systemów doradczych opartych na sztucznej inteligencji i dynamicznych algorytmach.<sup>1</sup> Kluczem do sukcesu w tym sektorze nie jest już samo gromadzenie danych, lecz ich interpretacja w celu optymalizacji procesu adaptacji biologicznej użytkownika. Niniejszy raport stanowi techniczną i merytoryczną analizę mechanizmów progresji w treningu siłowym, mającą na celu dostarczenie deweloperom kompletnego framework'u do budowy silnika treningowego.

W pierwszej fazie analizy dokonano krytycznej oceny dostarczonych materiałów źródłowych pod kątem ich przydatności w procesie wytwarzania oprogramowania (Software Development Life Cycle - SDLC).

### 1.1. Analiza Porównawcza i Rekomendacja Operacyjna

Dokonując dysekcji dwóch kluczowych dokumentów – "Progresja Obciążeń i Powtórzeń w Treningu.pdf"<sup>2</sup> oraz "Lista kontrolna przygotowania treści.pdf"<sup>2</sup> – w kontekście potrzeb architekta systemu i dewelopera backendu, można sformułować jednoznaczna hierarchię przydatności.

Dokument "Progresja Obciążień i Powtórzeń w Treningu.pdf"<sup>2</sup> stanowi fundament logiczny i operacyjny dla silnika aplikacji. Jego struktura jest bezpośrednio przekładalna na kod źródłowy. Dokument ten definiuje:

- **Zmienne wejściowe i sterujące (Input/Control Variables):** Precyzyjnie rozróżnia intensywność, objętość i częstotliwość jako parametry funkcji adaptacyjnej.
- **Logikę warunkową (Conditional Logic):** Oferuje gotowe schematy decyzyjne typu „IF/THEN” (np. warunki inicjacji progresji, obsługa porażki treningowej), co jest niezbędne do zaprogramowania pętli zwrotnych w aplikacji.
- **Matematykę stosowaną:** Wskazuje konkretne modele matematyczne (formuły 1RM Epleya vs Brzyckiego) oraz mechanizmy „Plate Math” (matematyki talerzy), które są

krytyczne dla UX (User Experience) i wykonalności planu.

- **Taksonomię metod:** Klasyfikuje metody progresji (LP, DP, DDP) w sposób umożliwiający stworzenie modularnej architektury klas lub mikroserwisów obsługujących różne typy użytkowników.

Z kolei Dokument "Lista kontrolna przygotowania treści.pdf"<sup>2</sup> pełni funkcję nadzędnej warstwa walidacyjnej (Validation Layer) i compliance. Jest to zbiór wytycznych opartych na stanowiskach organizacji takich jak ACSM (American College of Sports Medicine) i NSCA (National Strength and Conditioning Association). Choć mniej przydatny przy pisaniu samego algorytmu progresji, jest kluczowy dla:

- **Bezpieczeństwa (Safety Constraints):** Definiuje granice bezpiecznych przyrostów (zasada „2 na 2”), co pozwala na implementację „bezpieczników” (hard stops) w algorytmie, zapobiegających generowaniu nierealistycznych lub niebezpiecznych obciążen dla początkujących.
- **Onboardingu i Edukacji:** Dostarcza treści niezbędnych do wyjaśnienia użytkownikowi decyzji podjętych przez algorytm (np. dlaczego aplikacja nie zwiększyła ciężaru mimo udanej sesji).

**Synteza dla Dewelopera:** Architektura „Core Engine” aplikacji powinna zostać oparta na dynamicznych modelach z dokumentu<sup>2</sup>, natomiast parametry brzegowe, wartości domyślne dla nowych kont oraz moduły edukacyjne muszą być skalibrowane w oparciu o konserwatywne standardy z dokumentu.<sup>2</sup> Takie połączenie zapewnia balans między efektywnością treningową (Performance) a bezpieczeństwem (Safety).

---

## 2. Ontologia Danych Treningowych: Definicja Zmiennych i Stanów Użytkownika

Zanim przejdziemy do algorytmów, konieczne jest zdefiniowanie modelu danych. System treningowy nie operuje w próżni; musi rozumieć kontekst biomechaniczny i fizjologiczny każdej zmiennej. Prosta baza danych rejestrująca weight i reps jest niewystarczająca dla nowoczesnego systemu adaptacyjnego.

### 2.1. Zmienne Sterujące (Control Variables) i Ich Reprezentacja Cyfrowa

W inżynierii systemów treningowych wyróżniamy trzy główne wektory, którymi algorytm może manipulować w celu wywołania adaptacji, znanej jako Progresywne Przeciążenie (Progressive Overload).

#### 2.1.1. Intensywność (Intensity)

W ujęciu fizjologicznym i systemowym, intensywność nie jest synonimem „trudności” (effort),

lecz miarą obciążenia zewnętrznego lub wewnętrznego.<sup>2</sup>

- **Absolutna (Load):** Wartość liczbową w kg/lbs. Wymaga normalizacji w bazie danych (np. przechowywanie wszystkiego w kg i konwersja w UI).
- **Relatywna (%1RM):** Procent ciężaru maksymalnego. Algorytm musi dynamicznie aktualizować e1RM (estimated 1-Rep Max) po każdej sesji, aby procenty odnosili się do aktualnych możliwości użytkownika, a nie wartości historycznych sprzed miesiąca.
- **Subiektywna (RPE/RIR):** Rate of Perceived Exertion (skala 1-10) lub Reps In Reserve. Jest to kluczowa zmienna dla autoregulacji.<sup>2</sup> System musi traktować RPE jako dane wejściowe użytkownika (input), które korygują dane wyjściowe systemu (output - sugerowany ciężar).

### 2.1.2. Objętość (Volume) – Zmiana Paradygmatu

Tradycyjnie objętość w aplikacjach liczona była jako Volume Load (Tonaż): Serie × Powtórzenia × Ciężar.

Analiza Krytyczna: Nowoczesne badania nad hipertrofią 4 wskazują, że tonaż jest metryką ułomną. Wykonanie 100 powtórzeń z ciężarem 1 kg daje tonaż 100 kg, ale zerowy bodziec wzrostowy.

Implementacja Nowoczesna: Aplikacja powinna priorytetyzować „Liczبę Ciężkich Serii” (Hard Sets).

- Definicja Hard Set: Seria wykonana z zachowaniem 0-4 RIR (powtórzeń w zapasie).<sup>2</sup>
- **Wniosek dla kodu:** Algorytm zliczający objętość musi filtrować serie „rozgrzewkowe” (warm-up sets) i zliczać tylko „serie robocze” (working sets) spełniające kryterium intensywności (np. RPE  $\geq 6$ ). Jest to zgodne z koncepcją „Effective Reps” – tylko ostatnie 5 powtórzeń przed upadkiem stymuluje włókna wysokoprogramowe.<sup>4</sup>

### 2.1.3. Gęstość i Czas (Density & Tempo)

Często pomijana zmienna w prostych trackerach. Skrócenie czasu przerwy przy zachowaniu ciężaru jest formą progresji.<sup>5</sup> Aplikacja powinna rejestrować rest\_timer i korelować go z wydajnością. Jeśli użytkownik wykonał ten sam trening w 45 minut zamiast 60 minut, algorytm powinien to odnotować jako wzrost „Work Capacity”.

## 2.2. Stratyfikacja Użytkownika: Model Adaptacji a nie Czasu

Błąd kategoryzacji użytkownika jest najczęstszą przyczyną porażki aplikacji fitness (tzw. churn). Zgodnie z modelem Marka Rippetoe oraz analizą dokumentacji<sup>2</sup>, użytkowników nie należy dzielić według czasu stażu (np. „trenuję rok”), lecz według **tempa adaptacji homeostatycznej (SRA Curve - Stress/Recovery/Adaptation)**.

Tabela 1: Klasyfikacja użytkownika w logice aplikacji

Klasa	Czas cyklu	Charakteryst	Zalecany	Logika
-------	------------	--------------	----------	--------

Użytkownika (User Class)	adaptacyjnego	yka Fizjologiczna	Model Progresji	Aplikacji (Backend)
<b>Nowicjusz (Novice)</b>	24-72 h (Sesja-do-Sesji)	Zdolność do regeneracji i superkompenacji przed kolejnym treningiem. „Efekt nowicjusza”.	<b>Linear Progression (LP)</b>	Next_Load = Current_Load + Increment. Ignoruj RPE w decyzjach o ciężarze; bazuj na binarnej logice Success/Fail w zaliczeniu powtórzeń.
<b>Średniozaawansowany (Intermediate)</b>	~1 tydzień (Weekly)	Stres pojedynczej sesji wymaga dłuższego czasu regeneracji. Progresja liniowa kończy się plateau.	<b>Dynamic Double Progression (DDP), Wave Loading</b>	Progresja następuje po zsumowaniu objętości tygodniowej lub zaliczeniu „top setu”. Wprowadzenie mikrocykli (Volume/Intensity days).
<b>Zaawansowany (Advanced)</b>	1 miesiąc+ (Block/Mesocycle)	Adaptacja wymaga kumulacji stresu przez wiele tygodni. Bliskość genetycznego potencjału.	<b>Periodization (Block), Autoregulation</b>	Złożone cykle: Akumulacja → Transmutacja → Realizacja (Peaking). Decyzje oparte na trendach długoterminowych i analizie danych.

**Implikacja dla dewelopera:** System musi posiadać zmienną stanu adaptation\_rate, która jest dynamiczna. Jeśli użytkownik klasy „Novice” zalicza „Stall” (brak postępu) 3 razy z rzędu mimo resetu ciężaru, system musi automatycznie wywołać procedurę upgrade\_user\_class()

do poziomu Intermediate, zmieniając algorytm doboru obciążen.<sup>2</sup>

---

### 3. Architektura Algorytmów Progresji: Implementacja Logiczna

W tej sekcji przedstawiono „serce” aplikacji – logikę sterującą doborem obciążen. Każdy z poniższych modeli powinien być zaimplementowany jako oddzielna strategia w kodzie, możliwa do przypisania do konkretnego ćwiczenia.

#### 3.1. Progresja Liniowa (Linear Progression - LP) – Silnik dla Nowicjuszy

Jest to model deterministyczny, najsukcesniejszy w pierwszych 3-9 miesiącach treningu. Zakłada stały wzrost intensywności (Load) przy stałej objętości (Sets/Reps).<sup>2</sup>

**Algorytm "Standard LP":**

Python

```
def calculate_next_load_lp(current_load, sets_completed, target_reps, increment_value):
    # Sprawdź, czy wszystkie serie zostały wykonane zgodnie z celem
    success = all(reps >= target_reps for reps in sets_completed)

    if success:
        return current_load + increment_value
    else:
        # Logika porażki (Fail)
        increase_fail_counter()
        if fail_count >= 3:
            return trigger_reset(current_load) # -10% ciężaru (patrz sekcja 5)
        else:
            return current_load # Powtóż ciężar w następnej sesji
```

Zasada „2 na 2” (NSCA/ACSM) – Bezpiecznik Systemowy:

Dokument 2 oraz wytyczne NSCA 8 promują zasadę „2-for-2 rule”.

- *Logika:* Jeśli w ostatniej serii (last set) użytkownik wykonał target\_reps + 2 w dwóch kolejnych treningach, zwiększą ciężar.
- *Krytyka wdrożeniowa:* Z perspektywy retencji użytkownika w aplikacji, zasada ta jest **zbyt wolna** dla zdrowych nowicjuszy, którzy mogą dokładać ciężar co trening (co 48h).
- *Zastosowanie:* Należy ją zaimplementować jako domyślną strategię dla użytkowników

starszych (50+), po kontuzjach lub w ķwiczeniach izolowanych, gdzie szybki przyrost siły jest niemożliwy. Dla głównych bojów (Squat, Deadlift) u młodych adeptów, agresywna LP jest lepsza dla motywacji (dopamina).<sup>8</sup>

### 3.2. Podwójna Progresja (Double Progression - DP)

Model standardowy dla ķwiczeñ akcesoryjnych (np. hantle). Manipuluje najpierw objętością (reps), potem intensywnością (load). Zapobiega to sytuacji, w której użytkownik musi zwiększyć ciężar hantla o 2 kg (co przy 10 kg hantlu stanowi skok o 20%).<sup>2</sup>

Logika DP (Klasyczna):

Użytkownik otrzymuje zakres powtórzeñ, np. 8-12.

1. Wybiera ciężar, z którym jest w stanie wykonać dolny zakres (np. 3x8).
2. Celem jest dojście do górnego zakresu we wszystkich seriach (3x12).
3. Może to zająć kilka treningów (np. T1: 10,9,8 → T2: 11,10,9 → T3: 12,12,12).
4. Trigger: Dopiero gdy  $\text{Min}(\text{Reps\_in\_sets}) == \text{Upper\_Limit}$ , system sugeruje zwiększenie ciężaru i resetuje cel na 3x8.<sup>2</sup>

**Wada (Sandbagging):** Użytkownik może podświadomie oszczędzać siły w pierwszej serii (robiąc 10 zamiast 12), aby mieć pewność zaliczenia trzeciej serii. To prowadzi do suboptimalnego bodźca w najświeższym stanie układu nerwowego.

### 3.3. Dynamiczna Podwójna Progresja (Dynamic Double Progression - DDP) – Złoty Standard Hipertrofii

Model zoptymalizowany pod hipertrofię, zyskujący popularność w zaawansowanych aplikacjach. Traktuje każdą serię jako „niezależną jednostkę progresji”.<sup>2</sup>

Logika DDP:

Założenie: Zakres 8-12 powtórzeñ. Każda seria żyje własnym życiem.

- Set 1: Użytkownik wykonał 12 powtórzeñ (górnny limit). → **Decyzja:** Zwiększ ciężar dla Set 1 w następnym treningu.
- Set 2: Użytkownik wykonał 9 powtórzeñ (środek zakresu). → **Decyzja:** Utrzymaj ciężar dla Set 2 w następnym treningu.
- Set 3: Użytkownik wykonał 8 powtórzeñ (dolny limit). → **Decyzja:** Utrzymaj ciężar.

Implikacje dla bazy danych: Struktura danych musi pamiętać historię obciążenia per seria, a nie per ķwiczeñ.

W kolejnym treningu UI aplikacji musi wyświetlić:

- Set 1: 22.5 kg (Progresja)
- Set 2: 20 kg (Brak zmian)
- Set 3: 20 kg (Brak zmian)

**Przewaga nad DP:** DDP pozwala na szybszą progresję w pierwszej serii, nie hamując jej

zmęczeniem skumulowanym w trzeciej serii. Badania sugerują, że jest to skuteczniejsze dla hipertrofii, ponieważ maksymalizuje napięcie mechaniczne (mechanical tension) w stanie świeżeści.<sup>12</sup>

---

## 4. Matematyka Obciążenia i Mikro-progresja: Precyzja Systemu

Aplikacja obliczeniowa operuje na liczbach rzeczywistych, ale rzeczywistość siłowni jest dyskretna (talerze, hantle). System musi mostkować tę przepaść.

### 4.1. Formuły Szacowania 1RM: Dobór Kontekstowy

Estymacja 1RM (One Rep Max) jest kluczowa dla grywalizacji i planowania obciążen. Jednakże, uniwersalne stosowanie jednego wzoru jest błędem. Analiza literatury<sup>15</sup> wykazuje różną dokładność w zależności od liczby powtórzeń.

Wzór Epleya:

$$\$ \$ 1RM = W \cdot (1 + \frac{r}{30}) \$ \$$$

- *Zastosowanie:* Wyższa dokładność dla niskich zakresów powtórzeń (1-5 reps). W wysokich zakresach (10+) ma tendencję do znacznego zawyżania wyniku, co może prowadzić do przepisania użytkownikowi zbyt dużego ciężaru w nowym bloku.<sup>15</sup>

Wzór Brzyckiego:

$$\$ \$ 1RM = W \cdot (36 / (37 - r)) \$ \$$$

- *Zastosowanie:* Bardziej konserwatywny. Często preferowany w badaniach naukowych. Mniej podatny na wykładnicze błędy przy wyższych powtórencias, choć powyżej 10 powtórzeń jego precyzja również spada.<sup>15</sup>

Wzór Wathena:

Zalecany przez niektóre źródła dla zakresów 10+ powtórzeń, stosowany w zaawansowanej analityce.<sup>19</sup>

Rekomendacja Hybrydowa dla Algorytmu:

Zamiast sztywnego wyboru, aplikacja powinna stosować funkcję warunkową w backendzie:

Python

```

def estimate_1rm_hybrid(weight, reps):
    if reps <= 5:
        return epley_formula(weight, reps) # Dokładniejszy w strefie siły
    elif reps <= 10:
        return brzycki_formula(weight, reps) # Standardowy kompromis
    else:
        return wathen_formula(weight, reps) # Lepszy dla wytrzymałości siłowej

```

Takie podejście minimalizuje błąd estymacji („Edge Case” dla wysokich powtórzeń), co jest krytyczne dla bezpieczeństwa użytkownika przy przechodzeniu z fazy hipertrofii do siły.<sup>16</sup>

## 4.2. Mikro-obciążenia (Microloading) i Logika „Plate Math”

Jednym z największych problemów algorytmicznych jest „ściana” wynikająca z fizycznych ograniczeń sprzętu.

- Przysiad 100 kg: skok o 2.5 kg to 2.5% → Akceptowalne.
- Wyciskanie OHP 30 kg: skok o 2.5 kg to 8.3% → Często niemożliwe do wykonania (Fail).

### Rozwiązywanie Systemowe – Moduł „Microloading Calculator”:

1. **Kontekst Ćwiczenia:** Algorytm musi wiedzieć, czy ćwiczenie jest złożone (Squat) czy izolowane (Lateral Raise). Dla izolacji zakazuje liniowej progresji wagowej, chyba że użytkownik posiada talerze ułamkowe (fractional plates).<sup>2</sup>
2. **Ścieżka Alternatywna:** Jeśli skok wagi jest niemożliwy (brak sprzętu lub zbyt duży % skoku), system automatycznie przełącza się na **Progresję Objętościową** na danym ciężarze.
  - **Scenariusz:** Użytkownik utknął na 3x5 @ 30kg. Następny hantel to 32.5kg.
  - **Akcja Algorytmu:** Zmień cel na 3x6 @ 30kg, potem 3x7, aż szacowane 1RM pozwoli na bezpieczny skok na 32.5kg.<sup>21</sup>

To podejście, oparte na badaniach nad rekrutacją jednostek motorycznych<sup>21</sup>, jest kluczowe dla utrzymania motywacji użytkownika, który w przeciwnym razie zniechęciłby się ciągłymi porażkami.

## 5. Autoregulacja i Pętle Zwrotne (Feedback Loops)

Współczesny system treningowy musi być responsywny (Responsive Training). Sztywne plany nie uwzględniają stresu życiowego, jakości snu czy gorszej dyspozycji.

### 5.1. RPE vs. RIR: Problem Wiarygodności Danych

- **RPE (Rate of Perceived Exertion):** Skala 1-10.

- **RIR (Reps In Reserve):** Powtórzenia w zapasie (RPE 9 = 1 RIR).

Badania 22 wskazują na istotny problem: Początkujący (Novice) mają niską zdolność do trafnej oceny RPE. Często zaniżają ocenę wysiłku, kończąc serię na rzeczywistym RIR 5-6, raportując RPE 9.

Implikacja Algorytmiczna: System nie powinien ufać RPE w przypadku użytkowników oznaczonych jako „Novice”. Dla tej grupy priorytetem jest prosta, binarna progresja (zaliczone/niezaliczone). RPE powinno być zbierane w tle (shadow data collection) w celach kalibracyjnych, ale nie powinno sterować obciążeniem. Dopiero dla użytkowników „Intermediate” i „Advanced”, RPE staje się wiarygodnym inputem do korekty ciężaru (Autoregulated Load Adjustment).<sup>3</sup>

## 5.2. Velocity Based Training (VBT) – Obiektywizacja

Dla aplikacji współpracujących z sensorami (np. akcelerometry w smartwatchach), VBT stanowi „ultimate truth”.<sup>24</sup>

- **Logika:** Jeśli prędkość (velocity) w pierwszej serii spadnie o >20% względem średniej historycznej dla tego ciężaru, oznacza to skumulowane zmęczenie neuronowe.
- **Akcja:** Automatyczna redukcja ciężaru o 5-10% na daną sesję (Autoregulated Drop). Jest to znacznie precyzyjniejsze niż subiektywne RPE.

---

# 6. Zarządzanie Zmęczeniem: Algorytmy Deloadu i Detekcji Plateau

System, który tylko dodaje ciężar, nieuchronnie doprowadzi użytkownika do kontuzji lub wypalenia (Overtraining). Inteligentna aplikacja musi zarządzać „krzywą zmęczenia”.

## 6.1. Detekcja Plateau i Reset

Algorytm musi monitorować wskaźnik Stall\_Count dla każdego ćwiczenia.

- **Warunek:** Brak progresji (wzrostu Load lub Reps) przez 3 kolejne sesje.
- **Akcja: Reset.** Zmniejsz ciężar roboczy o 10-15% (np. z 100 kg na 85-90 kg) i wymuś ponowną, powolną wspinaczkę. Pozwala to na regenerację tkanki łącznej i przełamanie bariery psychicznej.<sup>2</sup>

## 6.2. Strategie Deloadu: Volume vs. Intensity

Istnieją dwie szkoły implementacji deloadu w aplikacjach <sup>26</sup>:

1. **Proaktywny (Periodic):** Sztywno zaplanowany co 4-6 tygodni. Bezpieczny, ale może przerwać „flow” użytkownika.
2. **Reaktywny (Autoregulated):** Inicjowany na podstawie symptomów (spadek siły, chronicznie wysokie RPE).

Krytyczna Korekta Merytoryczna:

Wiele aplikacji błędnie implementuje deload poprzez zmniejszenie ciężaru. Badania 28 jednoznacznie wskazują, że utrzymanie intensywności (ciężaru) przy jednoczesnej redukcji objętości (liczby serii o 30-50%) jest lepsze dla zachowania adaptacji siłowych i techniki.

- **Zły Deload:** 3 serie x 10 powtórzeń @ 50% ciężaru (zbyt lekkie, detrening).
- **Dobry Deload (Algorytmiczny):** 1-2 serie x 10 powtórzeń @ 90% ciężaru (zachowanie bodźca nerwowego, redukcja stresu metabolicznego i systemowego).

### 6.3. Volume Landmarks (Punkty Orientacyjne Objętości)

Wdrożenie modelu Mike'a Israetela (MEV/MAV/MRV)<sup>31</sup> pozwala na długofalową periodyzację.

- **MEV (Minimum Effective Volume):** Punkt startowy bloku (np. 10 serii tydzień).
- **Progresja Objętościowa:** Algorytm dodaje 1-2 serie co tydzień, przesuwając użytkownika przez strefę MAV (Maximum Adaptive Volume).
- **MRV (Maximum Recoverable Volume):** Granica możliwości regeneracyjnych (np. 20+ serii). Po jej osiągnięciu (wykrytym przez spadek wydajności), system wymusza deload.

Jest to zaawansowana logika, wymagająca od użytkownika raportowania wskaźników takich jak „Soreness” (obolałość) czy „Pump” w ankietach potreninguowych, co pozwala systemowi na personalizację objętości per grupa mięśniowa.<sup>32</sup>

---

## 7. Wnioski i Wytyczne Implementacyjne

Analiza materiałów<sup>2</sup> oraz szerokiej bazy badań prowadzi do sformułowania następujących filarów dla deweloperów aplikacji fitness:

1. **Hierarchia Logiki:** Dokument<sup>2</sup> stanowi podstawę dla backendu (silnika obliczeniowego), podczas gdy<sup>2</sup> definiuje warstwę bezpieczeństwa i edukacji (frontend/interfejs).
2. **Indywidualizacja przez Algorytm:** Aplikacja musi dynamicznie przełączać modele progresji (z LP na DDP) w oparciu o wykryte tempo adaptacji użytkownika, a nie jego staż kalendarzowy.
3. **Precyza Matematyczna:** Implementacja hybrydowych wzorów 1RM oraz logiki „Microloading/Plate Math” jest niezbędna, aby uniknąć frustracji użytkowników zderzających się z niemożliwymi skokami obciążen.
4. **Inteligentny Deload:** Redukcja objętości przy zachowaniu intensywności jest jedyną naukowo uzasadnioną metodą deloadu, którą należy zakodować jako domyślną procedurę regeneracyjną.
5. **DDP jako Standard:** Dynamiczna Podwójna Progresja powinna być domyślnym modelem dla celów sylwetkowych (hipertrofia), oferując lepszą granularność postępów niż klasyczne modele liniowe.

Tabela 2: Matryca Implementacji Algorytmów Progresji

Cecha Algorytmu	Progresja Liniowa (LP)	Podwójna Progresja (DP)	Dynamiczna Podwójna Progresja (DDP)	Autoregulacja (RPE/RIR)
<b>Główny Trigger</b>	Ukończenie wszystkich serii zgodnie z celem	Ukończenie górnego zakresu powtórzeń we wszystkich seriach	Ukończenie górnego zakresu w pojedynczej serii	RPE < Cel (zapas siły)
<b>Zmienna Manipulowana</b>	Ciężar (Load)	Powtórzenia, następnie Ciężar	Ciężar (per seria)	Ciężar (Dnia/Sesji)
<b>Grupa Docelowa</b>	Nowicjusz (Novice)	Średniozaawansowany (izolacje)	Średniozaawansowany / Zaawansowany	Zaawansowany
<b>Ryzyko Stagnacji</b>	Wysokie (szybka ściana)	Średnie (sandbagging)	Niskie (ciągły bodziec)	Niskie (zależy od uczciwości)
<b>Złożoność Kodu</b>	Niska O(1)	Średnia O(n)	Wysoka O(n*m) (tracking per set)	Wysoka (wymaga kalibracji modelu)

Zastosowanie powyższych wytycznych pozwoli na przekształcenie aplikacji z pasywnego dziennika treningowego w aktywne, inteligentne narzędzie sterujące procesem biologicznym użytkownika, co bezpośrednio przełoży się na wyniki treningowe i wskaźniki retencji (LTV).

## Cytowane prace

1. Health & fitness tracker app insights for 2023 - Adjust, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.adjust.com/blog/health-tracker-installs-and-retention-data/>
2. Progresja Obciążeń i Powtórzeń w Treningu.pdf
3. RPE vs. Percentage 1RM Loading in Periodized Programs Matched for Sets and

Repetitions - Frontiers, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2018.00247/full>

4. Effective Reps vs. Volume: Stop Tracking Junk Work - Strive Workout Log, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://strive-workout.com/2026/01/02/effective-reps-vs-volume-hypertrophy-guide/>
5. The Ten Rules of Progressive Overload - Bret Contreras, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://bretcontreras.com/progressive-overload/>
6. Practical Programming for Strength Training - ICDST E-print archive of engineering and scientific PDF documents, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://dl.icdst.org/pdfs/files/c225e2fa042cc55070a31c6d636e4f20.pdf>
7. Practical Programming for Strength Training 3rd Edition Review - PowerliftingToWin, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.powerliftingtowin.com/practical-programming-review/>
8. Total Force Wellness Column: Guidelines to progress your physical training over time, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.mycg.uscg.mil/News/Article/2910464/total-force-wellness-column-guidelines-to-progress-your-physical-training-over/>
9. Testing and Profiling Athletes: Recommendations for Test Selection, Implementation, and Maximizing Information - NSCA, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.nsca.com/contentassets/d34fb088b444495da825298cb03526a8/testing-and-profile--weakley-et-al.pdf>
10. RPE and RIR: The Complete Guide - MASS Research Review, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://massresearchreview.com/2023/05/22/rpe-and-rir-the-complete-guide/>
11. The Double Progression Method for Getting Bigger and Stronger - Legion Athletics, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://legionathletics.com/double-progression/>
12. Progression systems and their effect on your training: straight sets vs double progression : r/naturalbodybuilding - Reddit, otwierano: stycznia 13, 2026, [https://www.reddit.com/r/naturalbodybuilding/comments/1fgjmbn/progression\\_systems\\_and\\_their\\_effect\\_on\\_your/](https://www.reddit.com/r/naturalbodybuilding/comments/1fgjmbn/progression_systems_and_their_effect_on_your/)
13. The Utility of Dynamic/Autoregulated Double Progression - JPS Health & Fitness, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://www.jpshealthandfitness.com.au/the-utility-of-dynamic-autoregulated-double-progression/>
14. Progressive overload without progressing load? The effects of load or repetition progression on muscular adaptations - PubMed, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36199287/>
15. One-repetition maximum - Wikipedia, otwierano: stycznia 13, 2026, [https://en.wikipedia.org/wiki/One-repetition\\_maximum](https://en.wikipedia.org/wiki/One-repetition_maximum)
16. Do 1RM calculation formulae start to become inaccurate as the rep counts go way up?, otwierano: stycznia 13, 2026,

<https://fitness.stackexchange.com/questions/46784/do-1rm-calculation-formulae-start-to-become-inaccurate-as-the-rep-counts-go-way>

17. Accuracy of Predicting One-Repetition Maximum from Submaximal Velocity in The Barbell Back Squat and Bench Press - PMC - NIH, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9465738/>
18. otwierano: stycznia 13, 2026,  
[https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9465738/#:~:text=DiStasio%20\(2014\)%20reported%20that%20the,1993%3B%20DiStasio%2C%202014\).](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9465738/#:~:text=DiStasio%20(2014)%20reported%20that%20the,1993%3B%20DiStasio%2C%202014).)
19. One-Rep Max Formulas Showdown / Volodymyr Agafonkin - Observable Notebooks, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://observablehq.com/@mourner/one-rep-max-formulas-showdown>
20. The Science of Microloading: Can Small Weight Increases Make a Big Difference?, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://speediance.eu/blogs/news/the-science-of-microloading-how-small-weight-increases-lead-to-big-strength-gain>
21. The Power of 2.5lb Plates: Your Secret Weapon for Sustainable Strength - Back 40 Fitness, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://back40fitness.com/blogs/back-40-fitness/the-power-of-2-5lb-plates-your-secret-weapon-for-sustainable-strength>
22. Ability to predict repetitions to momentary failure is not perfectly accurate, though improves with resistance training experience - PMC - NIH, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5712461/>
23. RIR vs RPE: The Clear Intensity Framework Adult Athletes Need - AFT Fitness Coaching, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://aftfitnesscoaching.com/blogs/fitness-resources-blog/rir-vs-rpe-the-clear-intensity-framework-adult-athletes-need>
24. The Resistance Training Dose Response: Meta-Regressions Exploring the Effects of Weekly Volume and Frequency on Muscle Hypertrophy and Strength Gains - Fisiología del Ejercicio, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://www.fisiologiadelejercicio.com/wp-content/uploads/2025/12/The-Resistance-Training-Dose-Response.pdf>
25. Progressive overload: the ultimate guide - GymAware, otwierano: stycznia 13, 2026, <https://gymaware.com/progressive-overload-the-ultimate-guide/>
26. "You can't shoot another bullet until you've reloaded the gun": Coaches' perceptions, practices and experiences of deloading in strength and physique sports - Frontiers, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://www.frontiersin.org/journals/sports-and-active-living/articles/10.3389/fspor.2022.1073223/full>
27. Are Deloads Overrated? - Empowerlift | Powerlifting Coaching And Fitness Training, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://empowerlifttraining.com/are-deloads-overrated/>
28. otwierano: stycznia 13, 2026,  
[https://levelsprotein.com/blogs/training/deload-week#:~:text=Evidence%20suggests%20that%20in%20strength,for%20reversing%20fatigue%5B\\*%5D.](https://levelsprotein.com/blogs/training/deload-week#:~:text=Evidence%20suggests%20that%20in%20strength,for%20reversing%20fatigue%5B*%5D.)
29. A Practical Approach to Deloading: Recommendations and Considerations for

- Strength and Physique Sports - ResearchGate, otwierano: stycznia 13, 2026,  
[https://www.researchgate.net/publication/391802156\\_A\\_Practical\\_Approach\\_to\\_Delowering\\_Recommendations\\_and\\_Considerations\\_for\\_Strength\\_and\\_Physique\\_Sports](https://www.researchgate.net/publication/391802156_A_Practical_Approach_to_Delowering_Recommendations_and_Considerations_for_Strength_and_Physique_Sports)
30. Deloading Practices in Strength and Physique Sports: A Cross-sectional Survey - PMC - NIH, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10948666/>
31. Dr. Mike Israetel's Training Tips for Hypertrophy : r/weightroom - Reddit, otwierano: stycznia 13, 2026,  
[https://www.reddit.com/r/weightroom/comments/6674a4/dr\\_mike\\_israetels\\_training\\_tips\\_for\\_hypertrophy/](https://www.reddit.com/r/weightroom/comments/6674a4/dr_mike_israetels_training_tips_for_hypertrophy/)
32. Set Volume for Muscle Size: The Ultimate Evidence Based Bible - Weightology, otwierano: stycznia 13, 2026,  
<https://weightology.net/the-members-area/evidence-based-guides/set-volume-for-muscle-size-the-ultimate-evidence-based-bible/>