

CZĘŚĆ I

ZARZĄDZANIE SIECIĄ BANKOMATÓW – WYZWANIA

ROZDZIAŁ 1

Zarządzanie siecią bankomatów

1. Elementy sieci bankomatów

Sieć bankomatów należy traktować jako system, który w ujęciu cybernetycznym rozumie się jako „zestaw elementów stanowiących funkcjonalną całość wyodrębnioną z otoczenia, na którą otoczenie oddziałuje za pośrednictwem wielkości wejściowych (bodźców), i która zwrotnie oddziałuje na otoczenie za pośrednictwem wielkości wyjściowych (reakcji)” (Gutenbaum, 1992, s. 32).

Sieć bankomatów składa się nie tylko z podstawowych urządzeń końcowych, czyli bankomatów, ale również z wpłatomatów, których zawartość może stanowić źródło zaopatrzenia pobliskich bankomatów w gotówkę, poza samouzupelnianiem się bankomatu z opcją wpłaty (tzw. bankomaty recyklingowe).

Bankomat (określany dalej również za pomocą skrótu ATM) to fizyczny punkt usługowy umożliwiający użytkownikom realizację samodzielnych operacji bankowych bez udziału pracowników banku. Obsługuje funkcje, takie jak: wypłata gotówki, wpłata środków, przelew środków między kontami oraz zapytania o saldo i historię rachunku (Kumar i Varsha, 2019; Kumar i Goel, 2010; Soundari i in., 2021). Funkcjonalność ATM jest ściśle związana z modelem stanów maszyny, w którym każda operacja użytkownika wiąże się z przejściem systemu przez kolejne stany (np. oczekiwanie na kartę, weryfikacja PIN-u, wykonanie transakcji itd.).

Kolejnym elementem sieci ATM jest komputer pośredniczący, często nazywany hostem transakcyjnym (*host computer*). Stanowi ogniwo komunikacyjne pomiędzy urządzeniem ATM a komputerem centralnym banku. Jego podstawową funkcją jest przyjmowanie żądań transakcyjnych od ATM, ich wstępna weryfikacja, logowanie oraz przekazywanie do systemu bankowego (Kumar i Varsha, 2019). Host może przechowywać tymczasowe dane, obsługiwać reguły bezpieczeństwa (np. zablokowanie konta po nieudanych próbach wprowadzenia PIN-u), a także

monitorować stany urządzeń. Jego odporność na błędy i przestoje operacyjne jest kluczowa dla płynności działania całej sieci ATM.

Następny element sieci bankomatów to komputer centralny banku (*Bank Computer*). Jest odpowiedzialny za przechowywanie danych klientów, stanów kont, historii transakcji oraz autoryzację operacji. Działa jako główna jednostka decyzyjna odpowiadająca za końcową autoryzację żądań przesyłanych z hosta oraz za aktualizację stanów kont (Kumar i Varsha, 2019). To właśnie tutaj odbywa się właściwa weryfikacja autentyczności użytkownika i jego środków, a także zapisywanie danych transakcyjnych. Komputer bankowy musi być zintegrowany z innymi systemami bankowymi, a jego wydajność i odporność na cyberataki są kluczowe dla bezpieczeństwa całej instytucji.

To, co łączy powyższe elementy to sieć komunikacyjna (*Communication Network*), która odpowiada za przesyłanie danych o transakcjach, stanach kont i stanach technicznych urządzeń. Działa w czasie rzeczywistym i musi gwarantować wysoki poziom niezawodności, szyfrowania i integralności przesyłanych danych (Kumar i Varsha, 2019). Stabilność tej warstwy jest kluczowa dla działania całego systemu – każda przerwa w komunikacji może skutkować utratą danych lub przerwą w dostępie do usług.

System zarządzania gotówką (*Cash Management System*) – kolejny element sieci – odpowiada za planowanie, monitorowanie i optymalizację poziomu gotówki w bankomatach. Jego kluczowym zadaniem jest prognozowanie zapotrzebowania na wypłaty i wpłaty oraz planowanie tras uzupełnień (zasileń) i odwozków gotówki (Orhan i Genevois, 2023; Dilijonas i in., 2009). Zaawansowane modele stosują uczenie maszynowe oraz symulacje do tworzenia harmonogramów uzupełnień przy minimalnych kosztach transportu i maksymalnej dostępności środków. W warunkach niepewności wykorzystuje się metody optymalizacji odpornej, które pozwalają minimalizować ryzyko niedoboru gotówki (Miranda i Muñoz, 2005).

Zabezpieczenia fizyczne i cyfrowe realizowane w ramach systemów zabezpieczeń (*Security Systems*) są nieodzownym elementem sieci ATM. Obejmują mechanizmy przeciwdziałania skimmingowi, sabotażowi i podszywaniu oraz zapobieganiu włamaniom, w tym monitorowanie ich za pomocą kamer nadzoru, czujników wstrząsów, a także obudowy antywłamaniowej i automatycznych blokad zamków (Muchinenyika i in., 2023). Technologia komunikacji M2M (*Machine-to-Machine*) pozwala na ciągły monitoring stanu bankomatu, a czujniki i systemy alarmowe automatycznie przesyłają informacje do centrów nadzoru (Raj i Julian, 2015). Nowoczesne bankomaty wyposażane są także w systemy biometryczne, które zwiększają bezpieczeństwo transakcji bezgotówkowych i eliminują ryzyko kradzieży kart lub PIN-ów (Soundari i in., 2021).

Kolejnym elementem sieci bankomatów, które umożliwiają podejmowanie decyzji operacyjnych dotyczących zarządzania gotówką, wyznaczania tras

transportowych, planowania serwisów i polityki bezpieczeństwa, są systemy wspomagania decyzji (*Decision Support Systems – DSS*). Bazują one na symulacjach, analizach scenariuszowych oraz prognozach popytu (Miranda i Muñoz, 2005; Dilijonas i in., 2009). Często integrowane są z interfejsami użytkownika oraz narzędziami do analizy kosztów i poziomu usług. DSS może np. rekomendować harmonogramy uzupełnień gotówki lub ostrzegać o ryzyku przeciążenia wybranego bankomatu.

Projektowanie systemu ATM jako systemu czasu rzeczywistego o krytycznym znaczeniu bezpieczeństwa wymaga ścisłego modelowania i formalnej weryfikacji (Kumar i Goel, 2010; Sathish i in., 2024; Wang i Zhang, 2003). Do tego celu stosuje się notacje, takie jak notyfikacja Z (*Z-notation* – formalny język specyfikacji używany do opisu i modelowania systemów komputerowych) oraz RTPA (*Real-Time Process Algebra*). Modele systemu ATM pozwalają odwzorować architekturę systemu, jego zachowanie dynamiczne i możliwe stany awaryjne, co umożliwi identyfikację słabych punktów i błędów projektowych jeszcze przed wdrożeniem.

2. Optymalizacja lokalizacji sieci bankomatów

Określenie optymalnej lokalizacji bankomatów stanowi istotny element organizacji funkcjonowania sieci bankomatów. Lokalizacja może mieć charakter stały lub tymczasowy. Tymczasowość lokalizacji może wynikać z faktu, że pewne lokalizacje nie przynoszą oczekiwanych przychodów (zbyt mały popyt na gotówkę w regionie), jak i z sezonowego charakteru zapotrzebowania na banknoty.

W celu optymalizacji rozlokowania bankomatów operatorzy muszą wziąć pod uwagę kombinację wielu zmiennych: demograficznych, finansowych, rynkowych oraz czynników związanych z ruchem, bezpieczeństwem i konkurencją. Wykorzystanie zaawansowanej metodyki, takiej jak uczenie maszynowe, wielokryterialne podejmowanie decyzji i modele matematyczne, może znacznie usprawnić proces podejmowania decyzji. Praktyczne zastosowania w różnych miastach wykazały skuteczność tych podejść w rzeczywistych scenariuszach, zapewniając bankom wyższą rentowność systemu i poziom satysfakcji klienta.

2.1. Czynniki determinujące lokalizację bankomatów

Do kluczowych czynników wpływających na lokalizację bankomatów należą:

- 1) zmienne zorientowane na rynek, takie jak: bliskość restauracji, stacji benzynowych i innych miejsc publicznych, preferencje klientów, czas podróży i czas oczekiwania;

- 2) ruch uliczny i dane demograficzne mieszkańców;
- 3) czynniki finansowe i komercyjne, takie jak: liczba bankomatów, oczekiwany dochód z transakcji, koszty instalacji, koszty dopłat;
- 4) bezpieczeństwo i konkurencja.

Ad. 1. Zmienne zorientowane na rynek

Lokalizacja bankomatu w pobliżu punktów o dużym natężeniu ruchu, takich jak restauracje, stacje paliw czy inne miejsca użyteczności publicznej, może znacząco wpłynąć na jego wykorzystanie. Rastogi i in. (2023) podkreślają, że dane rynkowe – szczególnie te powszechnie dostępne, jak lokalizacja punktów gastronomicznych czy stacji benzynowych – odgrywają kluczową rolę w przewidywaniu efektywnych lokalizacji ATM.

Albonaiemi i Mirzaee (2016) przeprowadzili badania wśród klientów banków, które wykazały, że czas podróży oraz czas oczekiwania są jednymi z najważniejszych czynników wpływających na wybór bankomatu. Ich analiza wskazuje, że preferencje klientów powinny być integralną częścią procesu decyzyjnego przy wyborze lokalizacji.

Preferencje klientów można badać m.in. za pomocą ankiety internetowej. I właśnie takie podejście zastosowali Kisore i Reddy (2015), którzy przeprowadzili empiryczne badanie oparte na ankietach online, skierowane do mieszkańców konkretnego obszaru usługowego. Celem było zrozumienie, jakie czynniki mają wpływ na korzystanie z bankomatów z uwzględnieniem takich aspektów, jak:

- częstotliwość użycia,
- preferencje lokalizacyjne,
- postrzeganie bezpieczeństwa i dostępności.

Analiza danych umożliwiła jakościową ocenę preferencji użytkowników. Wnioski wyciągnięte przez Kisore i Reddy (2015) były jednoznaczne: lokalizacje dostosowane do faktycznych preferencji klientów osiągały znacznie lepsze wyniki użytkowe niż te wybrane bez uwzględnienia lokalnych oczekiwań.

Ad. 2. Ruch uliczny i dane demograficzne

Turkoglu i Genevois (2017) w swojej analizie zidentyfikowali pięć głównych kategorii kryteriów, z których dwa – natężenie ruchu i czynniki demograficzne – okazały się szczególnie istotne w ocenie lokalizacji ATM. Ich analizy pokazały, że lokalizacje o dużym przepływie ludzi i korzystnej strukturze demograficznej mają wyższy potencjał generowania zysków. Z kolei w badaniu przeprowadzonym w Teheranie Albonaiemi i Mirzaee (2016) potwierdzili, że zmniejszenie czasu potrzebnego na dotarcie do bankomatu oraz skrócenie kolejek przekłada się bezpośrednio na satysfakcję klienta i lepszą efektywność lokalizacji.

Ad. 3. Czynniki finansowe i komercyjne

Według Turkoglu i Genevois (2017) czynniki, takie jak spodziewany przychód z prowizji, przychód z transakcji oraz liczba istniejących bankomatów danego banku są kluczowymi wskaźnikami finansowymi, które powinny być uwzględnione w decyzji o lokalizacji. Analiza tych danych pozwala ocenić potencjał danej lokalizacji z punktu widzenia zwrotu z inwestycji. Natomiast Golabi i in. (2017) uwzględnili wieloobiektywne cele, takie jak koszty instalacji, prowizje, opłaty międzybankowe oraz utrata klientów. Ich podejście pozwala zoptymalizować lokalizację bankomatów przy jednoczesnej minimalizacji kosztów operacyjnych.

Ad. 4. Bezpieczeństwo i konkurencja

Zarówno Albonaemi i Mirzaee (2016), jak i Turkoglu i Genevois (2017), wskazują na znaczenie bezpieczeństwa i obecności konkurencji w pobliżu lokalizacji bankomatu. Bezpieczna lokalizacja zwiększa zaufanie użytkowników, a świadomość konkurencji pomaga w strategicznym planowaniu sieci ATM. Z kolei Yalcin Kavus i in. (2025) zaproponowali podejście, w którym najpierw grupują dzielnice miasta według poziomu ryzyka, a dopiero później identyfikują najlepsze możliwe lokalizacje wewnątrz wybranych stref. Uwzględnianie ryzyka zwiększa szansę na długofalową opłacalność i stabilność działania ATM.

2.2. Metodyka badań

W badaniach nad optymalną lokalizacją bankomatów istotne znaczenie odgrywa również metodyka i wynikające stąd modele i metody. Analiza literatury wskazuje na zainteresowanie takimi modelami i metodami, jak: modele uczenia maszynowego, rozmyta analiza sieciowa, logika rozmyta i grupowanie danych, modele matematyczne i heurystyczne w optymalizacji kosztów. Szczególne znaczenie posiadają w tym zakresie omówione poniżej kwestie.

Innowacyjne podejścia z wykorzystaniem modeli uczenia maszynowego

Rastogi i in. (2023) zaprezentowali zaawansowane modele uczenia maszynowego oraz głębokiego uczenia, służące do analizy unikalnego, niedostępnego publicznie zbioru danych. Modele te pozwalają nie tylko przewidywać optymalne lokalizacje bankomatów, ale także rangować czynniki rynkowe, które mają największy wpływ na ich wydajność. Ich podejście wyróżnia się kompleksowością i innowacyjnością, umożliwiając bardziej precyzyjne podejmowanie decyzji lokalizacyjnych.