

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Informatyki

**METODA DOPASOWANIA HURTOWNI
DANYCH DO ZMIENNYCH POTRZEB
INFORMACYJNYCH PRZEDSIĘBIORSTWA**

Autoreferat rozprawy habilitacyjnej

wydanej w 2009 r przez Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego
Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Szczecin 2009,
ISBN 978-83-7663-006-9

Dr n.t. Bożena Śmiałkowska

Spis treści:

| | |
|---|----|
| 1. WPROWADZENIE | 2 |
| 1.1. Uzasadnienie i charakterystyka problemu badawczego | 3 |
| 1.2. Cel i zakres pracy | 6 |
| 2. ADAPTACYJNY I WIELOASPEKTOWY CHARAKTER DOPASOWANIA HURTOWNI DANYCH DO ZMIENNYCH POTRZEB INFORMACYJNYCH FIRMY | 7 |
| 3. OPIS PROPONOWANEJ METODY | 12 |
| 3.1. Ogólny zarys metody dopasowania hurtowni do potrzeb informacyjnych firmy | 12 |
| 3.2. Metoda odwzorowania strategii firmy w hurtowni danych na pierwszym poziomie dopasowania | 15 |
| 3.3. Ocena dopasowania hurtowni do potrzeb informacyjnych firmy na drugim i trzecim poziomie | 16 |
| 3.4. Metody wyznaczania charakterystyk tablic identyfikacji zabezpieczenia hurtowni danych | 23 |
| 3.5. Algorytm metody dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych firmy | 25 |
| 4. ZASTOSOWANIA METODY | 27 |
| 5. OCENA I OGRANICZENIA METODY | 30 |
| 6. PODSUMOWANIE | 33 |
| LITERATURA WYKORZYSTANA W AUTOREFERACIE | 36 |

1. WPROWADZENIE

Istotnym zadaniem systemów informacyjnych zarządzania w dobie gospodarki rynkowej stał się w firmie (przedsiębiorstwie, organizacji) szybki i zautomatyzowany dostęp do zintegrowanych i wiarogodnych informacji, często uwarunkowanych historycznie. Jedną z klas takich systemów są hurtownie (magazyny) danych (ang. *Data Warehouse*), które za Inmonem [13], rozumiana są jako „...tematycznie zorientowana, spójna, chronologiczna i niezmienna kolekcja danych, stanowiąca podstawę procesu podejmowania decyzji...”, zwłaszcza na szczeblu taktycznym i strategicznym.

Dane zgromadzone w hurtowni danych dotyczą przeszłości (historii działań) a decyzje dotyczą przyszłości i teraźniejszości. Im ta przyszłość jest dalsza od teraźniejszości i przeszłości, tym użyteczność danych zgromadzonych w hurtowni w procesie podejmowania decyzji jest mniejsza.

Dodatkowo czynnikami wpływającymi na zmienne potrzeby informacyjne przedsiębiorstwa są:

- zmienne w czasie: stan firmy i jej otoczenia, potrzeby klientów, obszary biznesowe firmy, zmienne technologie, strategie itp.;
- specyfika i zmienność metod podejmowania decyzji taktycznych i strategicznych oraz metod zarządzania a także nieproceduralny, nieprecyzyjny, rozmyty charakter potrzeb informacyjnych i zmienny horyzont czasu w procesach podejmowania decyzji;
- niepełność, niekompletność danych zgromadzonych w hurtowni oraz możliwość jej uzupełnienia w przyszłości o nowe źródła danych i wiedzę pozyskaną z danych;
- zróżnicowanie narzędzi obsługi danych w hurtowni, zależne od wewnętrznych możliwości komercyjnych systemów zarządzania hurtownią danych (np. użycie systemów zarządzania hurtownią z wbudowanymi metodami pomiaru użyteczności danych i statycznymi metodami ich obróbki, zastosowanie metod data mining, możliwość utrzymywania wielowersyjnych danych lub brak takiej możliwości itp.).

O ile czynniki zależne od zmiennego charakteru działań firmy i zmiennych zachowań jej otoczenia oraz specyfiki procesu podejmowania decyzji są rzeczywistością, którą trzeba bezwzględnie uwzględnić, o tyle wewnętrzne cechy hurtowni i narzędzi w nich dostępnych można kształtować przez zapewnienie jak najwyższej użyteczności danych zgromadzonych w hurtowni i zminimalizowanie (zmniejszenie) luki informacyjnej.

Powstaje pytanie, kiedy dane zapisane w hurtowni są dla użytkownika (decydenta) przydatne na wystarczającym poziomie, kiedy przestają być takie albo jak długo są użyteczne. Rozwiązanie problemu zwiększenia użyteczności danych, zgromadzonych w hurtowni danych można sprowadzić do rozwiązania zadania jej dopasowania do zmiennych potrzeb informacyjnych użytkowników.

Ta problematyka jest przedmiotem monografii na temat metody dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa.

Przez pojęcie dopasowania hurtowni danych do zmiennych w czasie potrzeb informacyjnych użytkowników rozumie się taką adaptację jej struktur i narzędzi, by w procesie analitycznego przetwarzania danych zabezpieczyć zapotrzebowanie na informacje we właściwym czasie i formie.

1.1. Uzasadnienie i charakterystyka problemu badawczego

Dopasowanie hurtowni danych do zmiennych w czasie potrzeb informacyjnych użytkowników można przeprowadzić na następujących etapach cyklu życia hurtowni:

- projektowania i implementowania za pomocą specjalnych modeli (struktur) danych, metod hurtowni danych, metod zapisu danych, a także języków zapytań;
- eksploatacji hurtowni danych, przez dokonanie pomiaru i oceny jakości oraz użyteczności danych.

Sprawne i efektywne metody projektowania i wdrażania hurtowni danych są przedmiotem dociekań wielu praktyków i metodyków. Wśród znanych z literatury (choćby [1, 2, 3, 6, 10, 14, 16, 19, 20]) metod projektowania hurtowni danych wyróżnia się metody ukierunkowane na projektowanie statycznych struktur danych oraz metody uwzględniające zmienność hurtowni danych w czasie.

Metody statyczne projektowania hurtowni danych nie biorą pod uwagę zmiennego charakteru wymagań jej przyszłych użytkowników. Mają ograniczone zastosowanie. Nadają się raczej do projektowania tematycznych hurtowni danych o zawężonym funkcjonalnie charakterze, obejmującym wybrany obszar działań firmy. Metody te dodatkowo nie dostarczają zaleceń, co należy zrobić gdy pojawiło się nowe źródło danych lub gdy powstała w przedsiębiorstwie nowa potrzeba informacyjna.

Inną grupę metod projektowania hurtowni danych stanowią metody, które uwzględniają zmienność struktur danych w czasie. Są to metody, w których wzięto pod uwagę ewolucję (zmianę) schematu hurtowni danych [8, 12, 18]. Metody te zakładają konieczność utworzenia jednego schematu i jednej kolekcji danych w hurtowni oraz konieczność modyfikacji tego schematu i kolekcji, gdy pojawi się taka potrzeba. Modyfikacja taka polega najpierw na zmianie i utworzeniu nowego schematu danych, a następnie na przekształceniu i transportowaniu kolekcji danych, by uzyskać jej zgodność z nowym schematem danych.

Przykładem takiej metody jest aktywna metoda projektowania i wdrażania hurtowni danych, wymagająca iteracyjnego wykonywania czynności związanych z analizą procesów zachodzących w firmie i jej otoczeniu. Gdy pojawi się nowe źródło danych lub gdy powstaną w firmie nowe potrzeby informacyjne, których nie można wspomagać danymi zgromadzonymi w hurtowni, to „ręcznie” dopasowuje się ją do nowych potrzeb firmy. Tu szczególną rolę przypisuje się wiedzy i umiejętnościom administratorów, projektantów i analityków hurtowni. Od nich bowiem zależy możliwość dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych jej użytkowników. Wadą tej metody jest jej nieautomatyczny (ang. *off-line*) charakter oraz brak zasady określania chwili, w której powinna być rozpoczęta kolejna faza dopasowania hurtowni danych do nowych, zmienionych potrzeb użytkowników. Dodatkowo w krańcowym przypadku przy stosowaniu aktywnej metody projektowania hurtowni może zdarzyć się sytuacja, kiedy zgromadzone dane mogą być mało użyteczne w firmie. Wówczas podejmuje się decyzję o budowie nowej (kolejnej)

hurtowni danych. Należy również zauważyć, że metody projektowania hurtowni danych uwzględniające ewolucję schematu danych, mogą nie dawać zadowalającego czasu reakcji na zmiany schematu danych hurtowni, szczególnie w przypadku zwiększonej liczby tych zmian. Dokładniej ten problem zostanie omówiony w pracy. Projektowanie hurtowni wymaga zastosowania odpowiednich metod inżynierii wymagań. Inżynieria wymagań to nie tylko specyfikacja funkcjonalna przyszłego systemu ale również analiza i pozyskiwanie wymagań. Pozyskiwanie wymagań to proces, w którym odkrywa się, co jest potrzebne i dlaczego. Analiza wymagań to proces prowadzący do zrozumienia pozyskanych wymagań, Obejmuje zarówno czynności związane z pozyskiwaniem wymagań, jak również przeprowadzaniem dowodu poprawności wymagań oraz poprawności ich pozyskiwania. Jeśli nawet w projektowaniu udało się spełnić postawione wymagania, nie oznacza to jeszcze, że w tym procesie wzięto pod uwagę wszystkie rzeczywiste wymagania, które powinny być uwzględnione. Dowody poprawności przebiegu pozyskiwania wymagań należą do trudnych problemów. W inżynierii wymagań istnieje kilka podejść formalnych do pozyskiwania i specyfikacji wymagań, służących dowodzeniu ich słuszności. Są to takie metody jak Object Z, FOOM, Catalysis, Syntropy, SOMA, metody Jacksona, ORCA, Wieringa, metoda oparta na użytkowniku [9], i inne opisane w literaturze [11], posiadające podobne cechy. W projektowaniu systemu informatycznego, np. w metodach Catalysis, SOMA oraz Syntropy dokonuje się wyraźnego rozróżnienia między modelem świata rzeczywistego a modelem zamierzonego systemu. Metoda ORCA w pozyskiwaniu wymagań kładzie nacisk na wtórne opracowanie procesów biznesowych i na środowisko, w którym zanurzony jest system oprogramowania. Jest to podejście ewolucyjne, w którym pozyskiwanie wymagań systemu ma wpływ na procesy biznesowe, a zmiana systemu i procesów biznesowych – na zmianę wymagań. Oznacza to, że między wymaganiami stawianymi hurtowni danych a procesami biznesowymi i schematem danych zachodzą zależności, które są zmienne w czasie. Zmiany te nie pozostają bez wpływu na model danych hurtowni danych. Dlatego przeprowadzenie dowodu poprawności sformułowania wymagań stawianych hurtowni nie może być realizowane tylko na etapie projektowania i powinno obejmować okres eksploatacji hurtowni. Jest to zgodne z podejściem ewolucyjnym; wymusza stosowanie ewolucyjnych metod dowodu poprawności przebiegu procesu analizy wymagań.

Dopasowanie hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych firmy realizuje się nie tylko na etapie projektowania struktury danych hurtowni, ale również podczas doboru odpowiednich metod i narzędzi hurtowni danych. W hurtowniach danych stosuje się takie metody i narzędzia, które nie uwzględniają zmiany ewolucji schematu danych i te, które operują na wielu schematach danych i wielu kolekcjach danych. Te pierwsze nie biorą pod uwagę ewolucji i zmiennych potrzeb użytkowych. Są więc nieistotne dla rozważanego w pracy problemu badawczego. Do drugiej grupy metod należą rozwiązania oparte na tzw. znacznikach czasowych przypisywanych kolejnym modyfikacjom schematu i kolekcji danych hurtowni. W tym przypadku hurtownia przechowuje różne wersje schematu i kolekcji danych, ale zawsze tylko jedna z nich jest dostępna. Zapytania kierowane do hurtowni są wykonywane tylko na dostępnej kolekcji danych.

Najdoskonalszym z dotychczas opracowanych rozwiązań, uwzględniających ewolucję schematu danych i kolekcji danych, są wielowersyjne hurtownie, w których przechowuje się

wiele wersji schematu danych i wiele wersji kolekcji danych. Model wielowersyjnej hurtowni omówiono m.n. w pracach [4, 7, 21]. Wielowersyjne hurtownie danych dają możliwość działania na wielu wersjach schematu i kolekcji danych jednocześnie.

Aktualnie dostępne są prototypowe implementacje wielowersyjnych [22 oraz 23] hurtowni danych, w których zmienność obejmuje:

- proces wywodzenia nowej wersji danych z dotychczas istniejących wersji;
- zmianę wymiarów hurtowni danych;
- tworzenie kolejnych, nowych wersji schematu danych;
- odświeżanie danych wersji magazynu;
- wykonywanie zapytań w sesjach analitycznych jej użytkowników.

Podejście oparte na wersjowaniu pozwala symulować w hurtowni danych scenariusze biznesowe. Zastosowanie wielowersyjnych hurtowni danych do symulacji przyszłych scenariuszy biznesowych jest bardzo istotne, lecz wiarygodność takiej symulacji może być mała, choćby dlatego, że podejmowanie decyzji i zarządzanie dotyczy przyszłości, a hurtownia danych pozwala analizować przeszłość. Im ta przeszłość jest bardziej odległa od teraźniejszości, tym mniej użyteczne są dane przechowywane w „starej” hurtowni, tym mniej można się na nich opierać, w podejmowaniu decyzji i zarządzaniu firmą.

Dotychczasowe prace w zakresie wielowersyjnych hurtowni danych koncentrowały się na obsłudze wersji danych hurtowni, pomijając etap identyfikacji chwili, zakresu i sposobu wprowadzenia zmian w formie nowej wersji hurtowni (kiedy zmiana struktury danych w hurtowni jest zasadna, jak zmienić strukturę i jak wspomagać proces tworzenia nowej wersji danych z wykorzystaniem hurtowni itp.). Nie rozwiązany jest również problem odpowiedzi na pytania, kiedy dane źródłowe w wielowersyjnej hurtowni stają się nieużyteczne z punktu widzenia potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa. Należy podkreślić, że wielowersyjne hurtownie danych rozwiązują problem ewaluacji danych wynikający ze zmienności źródeł danych, ale nie uwzględniają problemu dopasowania hurtowni do zmiennych potrzeb przedsiębiorstwa (użytkowników hurtowni), wynikającego ze zmienności w aspekcie: firmy, jej otoczenia, sposobów zarządzania strategią firmy, metod podejmowania decyzji itp.

Jak wcześniej wspomniano w procesie dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych jej użytkowników istotnym problemem jest pomiar i oszacowanie użyteczności danych zgromadzonych w hurtowni, na etapie jej eksploatacji. Istnieją w literaturze metody takich pomiarów.

Jedną z nich jest koncepcja DWQ (ang. *Data Warehouse Quality*), zaprezentowana przez Jarkego i et al. [14]. Cechą tej metody jest „ręczne” wprowadzanie zmian w strukturze danych i bieżąca kontrola (najczęściej za pośrednictwem administratora) wskaźników jakości danych takich jak użyteczność, spójność, niezawodność, świeżość itp. Gdy jakość danych jest niewystarczająca, należy przeprojektować hurtownię danych. Niezbędne jest do tego zastosowanie metody obsługi takiej dodatkowej funkcji hurtowni danych, zależnie od wprowadzanych zmian. Metoda taka jest jednak mało sformalizowana i nie uwzględnia ewolucji hurtowni danych zarówno w sferze schematu, jak i kolekcji danych.

Z przeprowadzonej analizy metod uwzględniających zmienność w czasie hurtowni danych, otoczenia firmy, metod, struktur danych w projektowaniu hurtowni wynikają następujące wnioski:

1. Brak metody, która umożliwiłaby pełne dopasowanie hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych firmy, wynikających ze zmienności firmy i jej otoczenia.
2. Zmienne potrzeby użytkowników hurtowni wymagać mogą zmiany (ewolucji) schematu hurtowni danych.
3. Zmienność i ewolucja [5, 17] schematu danych hurtowni jest bezsporną koniecznością, wynikającą choćby z tego, że w momencie projektowania i konstruowania hurtowni danych uwzględnia się na ogół bieżące potrzeby użytkowników. Dzieje się tak, gdyż przyszłe ich potrzeby i wymagania są nieznane, a rzeczywistość jest zmienna w czasie. Często w firmie już w okresie eksploatacji hurtowni pojawiają się nowe źródła jej zasilania; nowe metod obróbki danych. Mogą być zgłębione pojawiają się również nowe wymagania użytkowe do hurtowni, wynikające z nowych metod zarządzania firmą.
4. Budowa „nowej”, lepiej dopasowanej do wymagań hurtowni danych jest zbyt kosztowna.
5. Metoda ewolucji (zmiany) schematu danych wymaga określenia kryterium adaptacji hurtowni oraz zautomatyzowania procesu identyfikacji chwil i zakresu zmian hurtowni.
6. Wielowersyjne hurtownie danych zapewniają dopasowanie hurtowni do zmiennych potrzeb informacyjnych użytkowników w ograniczonym zakresie: biorą pod uwagę tylko zmienne źródła zasilania hurtowni i nie uwzględniają zmienności firmy, jej otoczenia oraz strategii.
7. Metoda wersjowania danych w hurtowni jest adekwatna tylko wówczas, gdy rzeczywista wersja schematu danych zapewnia odpowiedni poziom użyteczności danych w procesach wspomagania decyzji a wymagania użytkowników, cele, strategia i stan firmy są stabilne i nie podlegają znacznym zmianom.

W świetle sformułowanych wniosków konieczne wydaje się opracowanie takiej metody, dzięki której hurtownia danych będzie „adaptowała się” (dopasowywała), do zmiennych potrzeb firmy i jej użytkowników zarówno ze względu na zmianę źródeł danych jak też zmianę firmy, jej otoczenia, zmienne metody podejmowania decyzji, zwłaszcza na szczeblu strategicznym i taktycznym.

1.2. Cel i zakres pracy

Celem pracy na temat metody dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa jest opracowanie takiej metody, która umożliwi dopasowanie hurtowni do zmiennych w czasie potrzeb informacyjnych jej użytkowników oraz uwzględni zmienność firmy, jej otoczenia, procesów biznesowych, źródeł i struktur danych zasilających hurtownię, a także technik zarządzania i podejmowania decyzji, zwiększając tym samym gotowość informacyjną systemów wspomagania decyzji opartych na takiej hurtowni danych.

Przez pojęcie dopasowania hurtowni danych do zmiennych w czasie potrzeb informacyjnych firmy rozumie się taką adaptację struktur i narzędzi hurtowni danych, by zabezpieczyć zapotrzebowanie na informacje, związane z:

- zarządzaniem strategią przedsiębiorstwa, wypracowaną w dowolnej chwili, na potrzeby jego decydentów strategicznych (potrzeby informacyjne firmy dotyczące zarządzania jej strategią – biznesplan);
- podejmowaniem decyzji taktycznych i operacyjnych (wewnętrzne potrzeby informacyjne firmy);
- taką organizacją działań w firmie, która pozwoli na jej dopasowanie do otoczenia.

W pracy formułuje się hipotezę, że stworzenie metody dopasowującej hurtownię do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa jest możliwe dzięki przechowywaniu w niej dodatkowo zintegrowanego modelu funkcjonalnego i biznesplanu firmy oraz połączeniu wersjowania (ewolucji hurtowni) z metodą zautomatyzowanej oceny chwil, w których możliwości hurtowni są niewystarczające do zabezpieczenia tych potrzeb.

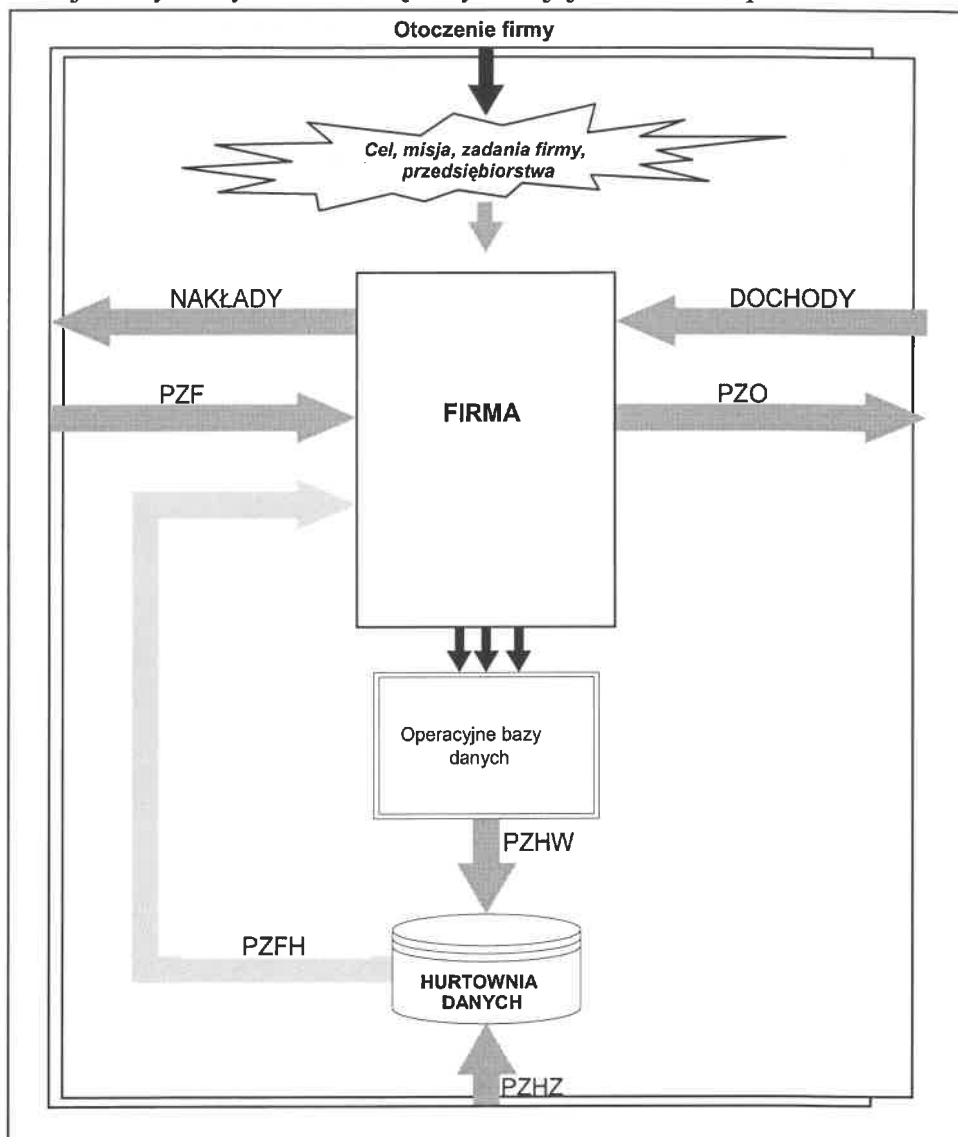
Praca na temat metody dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa składa się z sześciu rozdziałów.

W rozdziale drugim zaprezentowano zmienny charakter potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa oraz metodę identyfikacji tych potrzeb, opartą na jego modelu funkcjonalnym. Ogólną charakterystykę hurtowni danych oraz jej możliwości informacyjne zaprezentowano w rozdziale trzecim pracy. Omówiono jedno- i wielowersyjne modele danych oraz modele i metody hurtowni danych, które w istotny sposób mogą wpływać na możliwość odwzorowania zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa. W rozdziale czwartym dokonano oceny metod za pomocą, których można odwzorować potrzeby firmy w hurtowni danych. Rozważono zarówno możliwości uwzględnienia potrzeb firmy na etapie projektowania hurtowni jak i na etapie jej implementacji i eksploatacji. Zasadniczą częścią pracy jest rozdział piąty. Zaprezentowano w nim autorską, adaptacyjną metodę dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych firmy. Metoda ta rozwiązuje sformułowany we wstępie problem badawczy w szerszym aspekcie niż metody zaprezentowane w rozdziale drugim i trzecim i usuwa wady tych metod, opisane w rozdziale czwartym. W rozdziale piątym omówiono również zastosowanie opracowanej metody, scharakteryzowano poziom jej dopasowania i ograniczenia oraz czynniki jakie wpływają na jej efektywność. W rozdziale szóstym zaprezentowano wnioski z realizacji pracy. Do pracy zamieszczono przykładowy biznesplan i strukturę danych hurtowni, odwzorowującą potrzeby informacyjne tego biznesplanu.

2. ADAPTACYJNY I WIELOASPEKTOWY CHARAKTER DOPASOWANIA HURTOWNI DANYCH DO ZMIENNYCH POTRZEB INFORMACYJNYCH FIRMY

Podstawą identyfikacji dopasowania hurtowni danych do zmiennych w czasie potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa jest model funkcjonalny firmy z hurtownią, odwzorowujący relacje między firmą a hurtownią danych w zakresie przepływów informacyjnych. Do budowy tego modelu zastosowano metody inżynierii systemów działania [15]. Zgodnie z tymi metodami w modelu funkcjonalnym firmy z hurtownią danych wyróżniono dwa główne podsystemy: przedsiębiorstwo z hurtownią danych oraz jego otoczenie, w którym funkcjonuje i realizuje swoje cele. Oba wyróżnione podsystemy współdziałają ze sobą, a relacje

wynikające z tego współdziałania zależne są od przepływów materialno-energetyczno-technicznych, informacyjnych i finansowych, które są zmienne w czasie. Schematycznie model funkcjonalny firmy z hurtownią danych w jej otoczeniu zaprezentowano na rys. 1.



Rys.1. Model funkcjonowania firmy z otoczeniem i hurtownią danych, gdzie: PZF – strumień potencjału zabezpieczenia firmy, PZO strumień potencjału zabezpieczenia otoczenia firmy, PZFH – strumień potencjału zabezpieczenia firmy ze strony hurtowni danych, PZHW – strumień potencjału zabezpieczenia hurtowni danych wewnętrznymi źródłami danych, PZH – strumień potencjału zabezpieczenia hurtowni danych zewnętrznymi źródłami danych (źródło: opracowanie własne).

W wyniku prowadzonej działalności firma zasila swoje otoczenie w określone przepływy materialno-energetyczno-techniczne (w formie produktów lub świadczonych usług) i informacyjne, a także zasila hurtownię danych w dane. Ten pierwszy rodzaj przepływów to tzw. przepływ zabezpieczenia otoczenia (na rys. 1 symbol PZO) a drugi rodzaj to przepływ zasilający hurtownię, na który się składają wewnętrzne i zewnętrzne przepływy informacyjne. Wewnętrznym przepływem zasilającym hurtownię danych nazwano

przepływy pochodzące z firmy (na rys. 1 symbol PZHW). Część przepływu PZHW to operacyjne źródła zasilania hurtowni. Przepływem zasilającym hurtownię danych są również tzw. zewnętrzne źródła danych (symbol PZHZ na rys. 1). W wyniku eksploatacji hurtowni danych przedsiębiorstwo (a właściwie jego pracownicy) jest zasilane w dane, które stanowią potencjał jego zabezpieczenia w informacji ze strony hurtowni danych (strumień ten oznaczono na rys. 1. symbolem PZFH). Zmienny w czasie strumień przepływów materialno-energetyczno-technicznych, zasilających firmę stanowi potencjał zabezpieczenia firmy. Oznaczono go na rys.1 symbolem PZF. W związku z prowadzoną działalnością firma z hurtownią danych jako całość systemowa ponosi określone nakłady (koszty) i osiąga dochody (korzyści, przychody).

Należy zauważyć, że takie przepływy jak strumień potencjału zabezpieczenia firmy (PZF), strumień potencjału zabezpieczenia otoczenia (PZO) i nakłady (koszty) i dochody (przychody) firmy z hurtownią danych (jako całość) w chwili t , z tytułu prowadzenia działalności, są istotnymi elementami modelu funkcjonalnego firmy niezależnie od tego, czy działalność firmy jest wspomagana hurtownią danych, czy też nie. Za ich pomocą można scharakteryzować dopasowanie firmy do jej otoczenia.

Zasady identyfikacji firmy oraz przepływów PZF, PZO, nakładów (kosztów) i dochodów (przychodów, korzyści) są również zgodne z inżynierią systemów działania. Pozostałe elementy modelu funkcjonalnego firmy z hurtownią danych można zidentyfikować, przyjmując zasadę, że hurtownia danych wraz z jej użytkownikami to podsystem systemu informacyjnego firmy.

W wyniku dostępu do danych hurtowni w chwili t przedsiębiorstwo, a właściwie jego pracownicy (decydenci) są zasilani strumieniem $PZFH(t)$, w informacje z niej wygenerowane, wspomagające procesy kierownicze (PDK) realizowane w firmie. W szczególności dotyczy to procesów kierowniczych ukierunkowanych na strategię firmy (PDK)st. Określenie przepływów informacyjnych zasilających hurtownię danych i będących wynikiem dostępu do niej, a także identyfikacja funkcjonalnych zachowań hurtowni danych są zgodne z procedurą, którą zaprezentowano w inżynierii systemów działania. Na jej podstawie, w pracy szczegółowo określono sposób wyznaczania przepływów między firmą, otoczeniem i hurtownią.

Wszystkie opisane przepływy są zmienne w czasie. Opracowany model funkcjonalny firmy z hurtownią danych odwzorowuje zmienny w czasie stan firmy oraz hurtowni danych i może być podstawą analizy jej dopasowania do zmiennych potrzeb informacyjnych.

Posługując się zasadami inżynierii systemów działania [75], stan firmy z hurtownią danych(systemowa całość) $S_{FHD}(t)$, można opisać zgodnie ze wzorem.

$$S_{FHD}(t) = \langle S_{firma}(t), SHD(t), PZFH(t), PZHW(t), PZHZ(t) \rangle \quad (1)$$

gdzie:

$S_{firma}(t)$ – stan firmy w chwili t ,

$PZHW(t)$ – strumień zasilający hurtownię danych wewnętrznymi źródłami danych,

$PZHZ(t)$ – strumień zasilający hurtownię zewnętrznymi źródłami danych,

$PZFH(t)$ – strumień zabezpieczenia firmy w informacji wygenerowane z hurtowni danych.

Stan $S_{firmy}(t)$ odwzorowuje relacje firmy z jej otoczeniem i jest istotny z punktu widzenia funkcjonowania firmy i jej celów i strategii. W celu oceny dopasowania hurtowni danych do potrzeb informacyjnych firmy istotne jest określenie relacji między stanem $SHD(t)$ a stanem $S_{FHD}(t)$ firmy z hurtownią danych jako systemową całością w dowolnej chwili czasu t oraz stanem $S_{firmy}(t)$.

Z analizy systemowej i przyjętych definicji, wynika że stanu firmy z hurtownią danych $S_{FHD}(t)$ zależy od stanu $S_{firmy}(t)$. Charakteryzuje on dopasowanie firmy do jej otoczenia w sensie przepływów materialno-energetyczno-technicznych oraz realizacji jej celów. W konsekwencji oznacza to, że aby przedsiębiorstwo z hurtownią danych realizowało zadania wynikające z celów, strategii i działalności należy:

- dopasować hurtownię do rozwiązywania problemów (PDK)st, oznaczonych jako problemy kierownicze związane z poziomem strategicznym i taktycznym (z realizacją misji i strategii firmy);
- dopasować hurtownię danych do pozostałych potrzeb informacyjnych firmy oznaczonych jako problemy (PDK);
- dopasować firmę z hurtownią danych, jako systemową całość, do otoczenia tej całości.

Z przyjętej definicji stanu firmy z hurtownią danych (wzór (1)), wynika również, że jeśli w chwili t firma była w stanie $S_{FHD}(t)$, zależnym od stanu $S_{firmy}(t)$, to w chwili $t+\tau_1$ takiej, że $\tau_1 > 0$, zostało wygenerowane w firmie zasilenie $PZHW(t+\tau_1)$, które zasila hurtownię danych w chwili $t+\tau_2$, gdzie $\tau_2 \geq \tau_1$. W chwili $t+\tau_2$ hurtownia danych jest w stanie $SHD(t+\tau_2)$. Wówczas dopiero na podstawie stanu w chwili $t+\tau_3$, takiej że $\tau_3 \geq \tau_2$, można wygenerować strumień informacji $PZFH(t+\tau_3)$, który zostanie wykorzystany w firmie w chwili $t+\tau_4$, takiej że $\tau_4 \geq \tau_3$ i zasili firmę. W chwili $t+\tau_4$ firma jest w stanie $S_{FHD}(t+\tau_4)$, a potrzeby informacyjne są wówczas określone jako $P^{FH}(t+\tau_4)$. Oznaczmy symbolem $M^H(t+\tau_2)$ możliwości hurtowni danych w chwili $t+\tau_2$. Okres τ_4 można nazwać *czasem reakcji hurtowni danych* na zmiany w firmie.

Aby hurtownia danych odwzorowywała stan firmy $S_{FHD}(t)$, zdefiniowany stanem $S_{firmy}(t)$ w czasie rzeczywistym (w chwili $t+\tau_4$), i wynikające z tego stanu potrzeby (także w zakresie zasileni informacyjnych), to oznaczając symbolem $<\cong$ operator rozmyty typu co-najmniej-mniejszy-równy o charakterze rozmytym, należy:

1. Zminimalizować czas τ_4 ; oznacza to również addytywną minimalizację czasów τ_1 , τ_2 oraz τ_3 , takich że $\tau_4 \geq \tau_3 \geq \tau_2 \geq \tau_1$,
2. Dopasować możliwości hurtowni w chwili $t+\tau_2$ oznaczone jako $M^H(t+\tau_2)$ do strumienia wygenerowanych zasileni informacyjnych $PZFH(t+\tau_3)$ tak by:

$$PZFH(t+\tau_3) <\cong M^H(t+\tau_2) \quad (2)$$

3. Dopasować te źródła zasilania hurtowni w chwili $t+\tau_3$, których miarą jest strumień $PZFH(t+\tau_3)$ do potrzeb firmy w chwili $t+\tau_4$, tak by:

$$P^{FH}(t+\tau_4) <\cong PZFH(t+\tau_3) \quad (3)$$

Operator rozmyty $<\cong$ typu co-najmniej-mniejszy-równy użyty we wzorach (2) oraz (3), wyraża aspekt porównania liczb przybliżonych.

Zdefiniowany wcześniej czas reakcji hurtowni danych na zmiany w firmie (okres τ_A) jest zależny od stanu firmy i jej hurtowni (potrzeb firmy i możliwości hurtowni) w chwilach poprzedzających ocenę tego czasu. Dlatego lepszą miarą dopasowania jest stopień stabilnego dostosowania hurtowni do potrzeb firmy w dowolnie długim przedziale osi czasu na dowolnym etapie eksploatacji hurtowni.

Założmy, że w dowolnych chwilach, oznaczonych jako T_1, T_2, \dots, T_k takich że zachodzą warunki ze wzoru (4)

$$T_1 \leq T_2 \leq \dots \leq T_k, T_k - T_1 > \varepsilon_1, \varepsilon_2 > 0 \quad (4)$$

gdzie:

ε_1 - istotnie dużą liczbą rzeczywistą, znane były potrzeby informacyjne firmy. Oznaczono je odpowiednio do tych chwil jako:

$$P^{FH}(T_1), P^{FH}(T_2), \dots, P^{FH}(T_k). \quad (5)$$

Wówczas stopień stabilnego dopasowania hurtowni danych do potrzeb użytkowników (stopień stałości dopasowania) można określić zależnością (6):

$$|P^{FH}(T_i) - P^{FH}(T_{i+k})| < \varepsilon_2 \quad (6)$$

Wielkości $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ i k użyte we wzorze (6) są miarami stabilnego dopasowania hurtowni danych do potrzeb jej użytkowników i zależą od ich preferencji, przy czym k jest liczbą naturalną ($k \geq 1$) a $\varepsilon_1 > 0$ i $\varepsilon_2 > 0$.

Jeśli czas reakcji hurtowni danych na potrzeby firmy będzie właściwy (akceptowalny), to oczekiwania użytkowników będą zabezpieczone w stopniu zależnym od wielkości $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ oraz k , a hurtownia danych może nadążnie dopasowywać się do zmiennych potrzeb informacyjnych firmy.

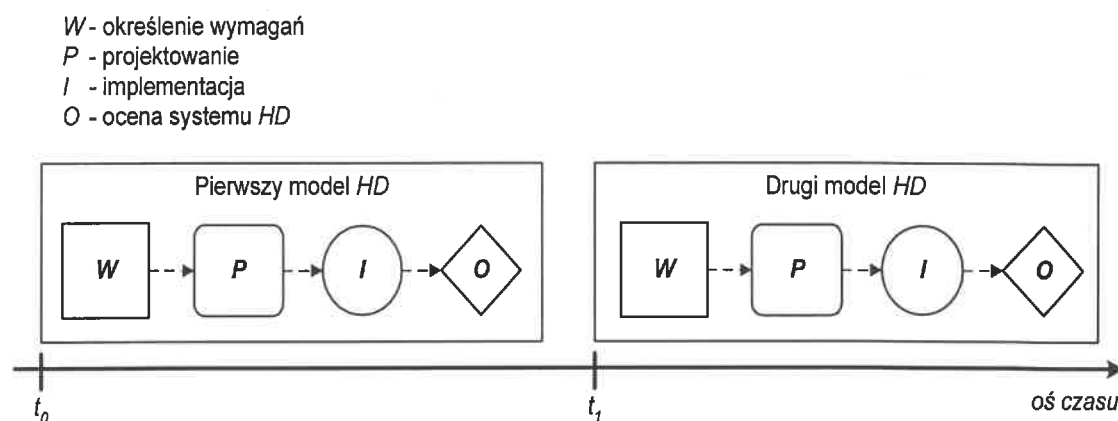
Gdy zaś warunek (6) nie zachodzi, to hurtownia danych nie jest dopasowana do potrzeb informacyjnych jej użytkowników na wyznaczonym poziomie $\varepsilon_1, \varepsilon_2, k$, co jest podstawą do weryfikacji i analizy wymagań względem hurtowni danych a także do weryfikacji wdrożonego schematu (modelu) hurtowni.

Zaprezentowane warunki dopasowania hurtowni danych do potrzeb informacyjnych firmy, zgodne z wzorami (2), (3) oraz (6), są trudne w implementacji, ponieważ:

1. Trudno jest oszacować możliwości hurtowni danych jeszcze przed wygenerowaniem odpowiedzi na przyszłe zapytania jej użytkowników (dotyczy weryfikacji warunku (1)).
2. Zaprezentowane zależności dotyczą jedynie zabezpieczenia potrzeb w zakresie rozwiązywania problemów decyzyjnych oznaczonych w pracy jako problemy (PDK).
3. Dla weryfikacji zależności (2) należy znać przyszłe potrzeby firmy wcześniej by porównać je z zakresem informacji PZFH, wygenerowanych z hurtowni.
4. Na ogół zaprezentowany sposób weryfikacji potrzeb (wzór 5) nie dotyczy zabezpieczenia potrzeb w zakresie rozwiązywania problemów decyzyjnych realizowanych na poziomie strategii firmy (potrzeby do rozwiązywania problemów oznaczonych w pracy symbolem (PDK)st).

5. Istotnym elementem procesu decyzyjnego wspomagającego zarządzanie firmy zwłaszcza na szczeblu strategicznym jest ocena realizacji celów firmy w jej otoczeniu.

Aby pokonać trudności implementacyjne i umożliwić dostosowanie hurtowni danych do potrzeb firmy, można zastosować metodę nadeżnego dopasowania. Podstawą tej metody byłoby pomiar i ocena dopasowania hurtowni danych (zgodnie ze wzorami (2), (3) i (6)) w trakcie jej eksploatacji, realizowane iteracyjnie w kolejnych chwilach. Taki nadeżny i iteracyjny charakter metody oznacza, że możliwe jest określenie chwili, w której hurtownia danych nie jest dopasowana do potrzeb firmy i należy podjąć działania dostosowawcze, zgodnie z cyklem ewolucji hurtowni danych, zaprezentowanym na rys. 2. Taka metoda jest również zgodna z ewolucyjnym charakterem dowodzenia poprawności wymagań stawianych hurtowni danych i umożliwia jej adaptację do zmiennych potrzeb informacyjnych firmy w kolejnych chwilach czasu eksploatacji hurtowni.



Rys. 2. Cykl ewolucji hurtowni danych (źródło: opracowanie własne)

3. OPIS PROPONOWANEJ METODY

3.1. Ogólny zarys metody dopasowania hurtowni do potrzeb informacyjnych firmy

Z powyższych analiz wynika, że dopasowanie hurtowni danych do potrzeb firmy jest problemem wieloaspektowym i powinno być rozwiązane na dwóch głównych poziomach:

- pierwszym poziom – dopasowanie hurtowni do celów oraz strategii firmy,
- drugim poziomie – dopasowanie hurtowni do potrzeb informacyjnych firmy.

Z tymi dwoma poziomami wiąże się konieczność dostosowania firmy z hurtownią danych, stanowiących systemową całość, do potrzeb otoczenia w przedziale systemowym PSF, z punktu widzenia przepływów materialno-energetyczno-technicznych. Konieczność uwzględnienia takiego rodzaju dopasowania wynika choćby ze wzoru (1) ale również z istoty konkurencji i gospodarki rynkowej. Ten poziom dopasowania nazwano w dalszej części pracy trzecim poziomem dopasowania.

Miarą poziomu dopasowania na pierwszym poziomie jest stopień realizacji celów, misji, zadań i strategii firmy w stosunku do planów (np. biznesplanu).

Dopasowanie na drugim poziomie jest związane z realizacją problemów kierowniczych (PKD) oraz (PKD)st, co scharakteryzowano na początku niniejszego rozdziału pracy. Jak wówczas wskazano, istotną cechą realizacji tego poziomu dopasowania, ze względów implementacyjnych, jest adaptacyjny i nadeżny charakter.

Ten adaptacyjny charakter procesu dopasowania hurtowni danych do potrzeb informacyjnych firmy można wyrazić w aspektach ogólnej teorii sterowania adaptacyjnego w systemach dynamicznych, zmiennych w czasie.

Z adaptacyjnego charakteru dopasowania hurtowni danych do potrzeb firmy wynikają dwie ważne przesłanki. Pierwszą z nich powinna być możliwość opracowania pierwszego projektu schematu danych hurtowni. Schemat ten powinien odwzorowywać potrzeby informacyjne firmy, wynikające z biznesplanu, celów i strategii firmy, obowiązujących podczas projektowania. Taki projekt powinien być zrealizowany jedną z ogólnie dostępnych w literaturze metod (szczegółowo metody te opisano w podrozdziale 4.2 monografii). Po tym etapie powinna nastąpić implementacja i wdrożenie hurtowni danych, najlepiej w środowisku wielowersyjnej hurtowni, ze względu na możliwość generowania scenariuszy biznesowych istotnych w podejmowaniu decyzji.

Drugą ważną przesłanką wynikającą z adaptacyjnego charakteru dopasowania na pierwszym, drugim i trzecim poziomie jest konieczność dostosowania hurtowni, na etapie jej eksploatacji. Wymaga to pomiaru i oceny dopasowania na wszystkich trzech poziomach w kolejnych chwilach czasu. Jeśli wyniki tego pomiaru oraz oceny dopasowania są niezadowolające, to powinny być podjęte działania sterujące, których celem może być:

- zmiana funkcjonowania organizacji (reorganizacja);
- zmiana biznesplanu;
- adaptacja struktury i narzędzi hurtowni danych.

Umożliwi to po pewnym czasie by hurtownia była dobrze dopasowana do potrzeb firmy, na wszystkich trzech poziomach.

Uwzględniając powyższe przesłanki, ogólny algorytm metody dopasowania zgodny ze schematem zaprezentowanym na rys. 3.

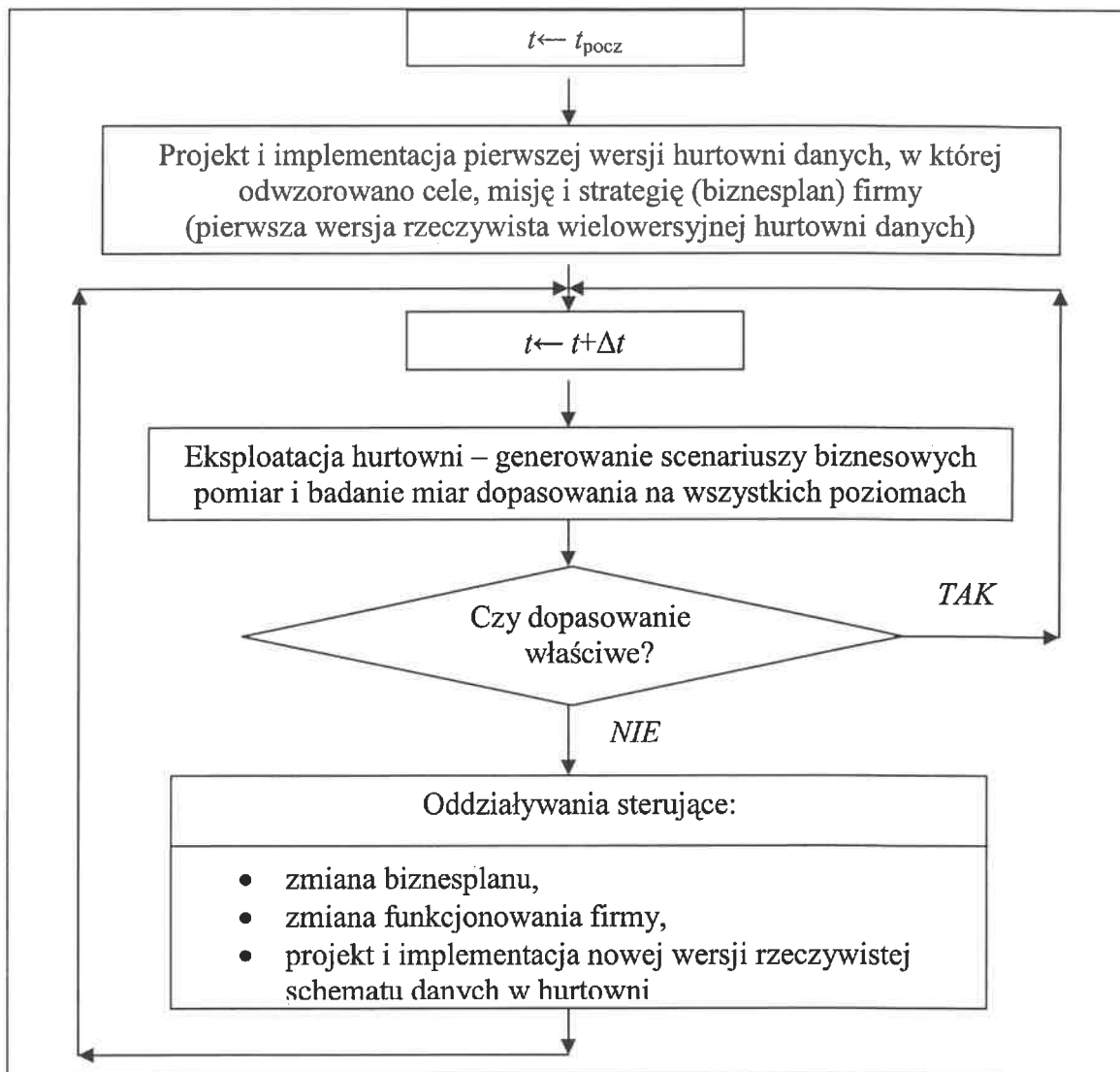
Zastosowanie wielowersyjnej hurtowni danych w algorytmie z rys. 3. pozwoli zminimalizować czas niezbędny do implementacji nowego modelu danych w hurtowni, w formie kolejnej wersji rzeczywistej.

Ogólny algorytm metody dopasowania hurtowni do zmiennych potrzeb przedsiębiorstwa opiera się na wielopoziomym dostosowaniu i ma adaptacyjny charakter. Implementacja algorytmu w systemie zarządzania hurtownią w okresie jej eksploatacji i rzeczywistej działalności firmy umożliwi bieżący pomiar wielkości będących podstawą oceny tego dopasowania. Szczegółowo algorytm ten zaprezentowano w następnym rozdziale.

Metoda dopasowania hurtowni do zmiennych potrzeb jej użytkowników, oparta na tej koncepcji oraz na wersjowaniu, ma następujące cechy:

1. Rozszerza zadania hurtowni danych o funkcję utrzymania modelu firmy i ocenę dopasowania.
2. Automatyzuje proces ewolucji schematu danych hurtowni, wykorzystując kryterium oceny chwil, w których możliwości są niewystarczające do zabezpieczenia potrzeb informacyjnych jej użytkowników.

3. Odzworowuje zmiany zachodzące w firmie i jej otoczeniu, po to by dodatkowo hurtownia danych dostarczyła użytkownikom oceny realizacji celów i strategii firmy.
4. Skraca (minimalizuje) okres, w którym hurtownia jest niedopasowana do nowych potrzeb użytkowników.
5. Uaktywnia cykl życia hurtowni, przedłużając żywotność systemu.
6. Umożliwia symulację scenariuszy biznesowych z oceną stanu firmy w jej otoczeniu, jeśli hurtownia danych przechowuje dane zgodne z potrzebami użytkowników;
7. integruje metody wersjowania z metodami ewolucji schematu danych hurtowni.



Rys. 3. Ogólna koncepcja algorytmu metody dopasowania hurtowni danych do potrzeb informacyjnych firmy (źródło: opracowanie własne).

Aby uszczegółowić algorytm metody dopasowania hurtowni, zaprezentowany na rys.3. należy w pierwszej kolejności określić:

1. Metodę odwzorowania strategii firmy w hurtowni danych (pierwszy poziom dopasowania),

2. Miary dopasowania hurtowni do potrzeb informacyjnych firmy i metody ich identyfikacji i pomiaru (miary dopasowania na drugim poziomie),
3. Miary dopasowania firmy w jej przedziale systemowym PSF i metody ich wyznaczania (trzeci poziom dopasowania).

W celu określenia miar dopasowania dla przypadków 2 i 3 posłużono się inżynierią systemów działania [15], według której dla każdego systemu można skonstruować tablicę identyfikacji potencjału zabezpieczenia, równania potencjału zabezpieczenia, równania użyteczności, możliwości i potrzeby systemu a także współczynnik dopasowania systemu. W przypadku 3 systemem będzie firma wraz z hurtownią danych jako systemowa całość a w przypadku 2 hurtownia danych.

Pomiar dopasowania firmy do otoczenia oraz pomiar dopasowania hurtowni do potrzeb firmy oparto na tablicach identyfikacji zabezpieczenia i użyteczności odpowiednich systemów, w ich przedziale systemowym. Przedziałem systemowym dla firmy z hurtownią danych, jako systemową całością, jest ta całość oraz przedsiębiorstwo stanowiące otoczenie tej całości. Przedział systemowy hurtowni obejmuje hurtownię, firmę (bez hurtowni) oraz systemy zewnętrzne (Internet, inne firmy z otoczenia), które zasilają hurtownię w dowolnej chwili w przepływy $PZH(t)$.

Metodę odwzorowania strategii firmy (przypadek 1) w hurtowni danych zaprezentowano w podrozdziale 3.2, a zasady budowy tablic identyfikacji zabezpieczenia i użyteczności oraz metody określania miar dopasowania hurtowni do firmy, a także firmy do otoczenia (poziom drugi i trzeci dopasowania) w kolejnych podrozdziałach 3.3 i 3.4.

3.2. Metoda odwzorowania strategii firmy w hurtowni danych na pierwszym poziomie dopasowania

Z definicji hurtowni danych wynika, że ma ona służyć w firmie do zarządzania strategicznego. Oznacza to, że już pierwszy model danych hurtowni (pierwsza jej wersja) powinien być oparty na planie biznesowym firmy. Dlatego w tym rozdziale pracy zaprezentowano metodę, w której model danych hurtowni oparto na planie biznesowym (strategicznym) firmy. Jest to ważny etap dopasowania modelu danych do potrzeb informacyjnych firmy. W rozdziale tym nie prezentuje się procesu formułowania biznesplanu. Nie zostaną tu również przedstawione wszystkie obecnie stosowane metody wytwarzania takich planów. Celem tego podrozdziału jest udowodnienie, że można zbudować modelu danych w hurtowni na podstawie planu biznesowego. Dowód taki przeprowadzono w monografii na przykładowym planie biznesowym. Dla tego przykładowego biznesplanu wskazano projekt modelu danych hurtowni.

Plan biznesowy niejako wyznacza wymagania dotyczące projektu schematu danych hurtowni. Nie ma możliwości i konieczności, aby na etapie projektu w analizie wymagań uwzględniać przyszłe zmienne metody określania planu biznesowego. Brak możliwości wzięcia pod uwagę przyszłych zasad i metod konstrukcji planów biznesowych jest tu naturalnym założeniem. Oznacza to, że wymagania informacyjne, które wynikają z planu biznesowego, są ustalone i nie ma powodu, aby dowodzić ich poprawności. Plan biznesowy i pojęcia w nim zastosowane są wówczas podstawą do opracowania konceptualnego modelu

danych, w którym terminy wyróżnione w biznesplanie interpretuje się jako encje lub obiekty, w zależności od zastosowanej metody interpretacyjnej.

Każde z tych pojęć można interpretować jako zbiór encji albo zbiór obiektów, którym w planie biznesowym przypisano pewne atrybuty i charakterystyki, np.: z pojęciem *Produkt* wiążą się takie atrybuty, jak rodzaj produktu (zestawu), wielkość dysku zamontowanego, typ procesora itp. Jest to model konceptualny danych, wynikający z biznesplanu, powinien służyć również do analizy i weryfikacji stopnia jego realizacji. Zakres potrzeb związanych ze stopniem realizacji biznesplanu oraz analizy danych związanych z planem biznesowym i model konceptualny są następnie podstawą do opracowania logicznego modelu danych w hurtowni.

Monografii przytoczono przykład budowy takiego modelu danych. Wynika z tego, że:

1. Plan biznesowy może być podstawą budowy pierwszej wersji hurtowni danych.
2. Dowód poprawności wymagań, przyjętych do konstrukcji modelu danych na etapie ich analizy wymagań jest łatwy do przeprowadzenia ze względu na ustalony charakter pojęć występujących w biznesplanie.
3. Model danych zbudowany zaprezentowaną metodą nie zależy od metody budowy planu biznesowego.
4. Model danych hurtowni umożliwia realizację podstawowych zadań stawianych przed hurtownią danych.

Dodatkowo, dzięki zaprojektowanemu modelowi danych hurtowni zgodnie z planem biznesowym, można hurtownię wykorzystać do przeprowadzenia procesu weryfikacji stopnia realizacji tego planu w dowolnej chwili czasu po implementacji hurtowni. Gdy w przyszłości biznesplan będzie zawierał inne istotne informacje biznesowe niż wyróżnione w planie, na podstawie którego utworzono model danych hurtowni, to powinna nastąpić modyfikacja modelu zgodnie z modyfikacją biznesplanu. Należy również zauważyć, że budowa modelu danych w hurtowni, oparta na biznesplanie, nie tylko zawiera podstawowe dane związane z zarządzaniem strategią firmy, ale uwzględnia również jej cele i misję. Zaprezentowana metoda tworzenia modelu danych hurtowni jest podstawą jej dopasowania do zarządzania strategią firmy na pierwszym poziomie.

3.3. Ocena dopasowania hurtowni do potrzeb informacyjnych firmy na drugim i trzecim poziomie

W celu oceny dopasowania hurtowni danych do potrzeb informacyjnych firmy, zgodnie z: metodą modelowania systemów działania [15] oraz modelem funkcjonalnym współdziałania hurtowni danych z firmą w jej otoczeniu zaprezentowanym na rys. 1, niezbędne jest określenie w dowolnej chwili t , następujących metryk dopasowania:

- $PZO(t)$ – wielkość zasilania otoczenia firmy w wyroby (produkty/usługi) zwana zabezpieczeniem otoczenia, wyrażona w odpowiednich jednostkach miary, wynikających z rodzaju produkcji (np.: sztuki wytworzonych produktów, waga itp.);
- $PZF(t)$ – potencjał użyty do wykonywania zadań produkcyjno-usługowych zwany potencjałem zużycia, podana w odpowiednich jednostkach miary (np. ilość materiałów zużytych do produkcji podana w jednostkach miary itp.);
- $PZH(t)$ – wielkość zasileń hurtowni danych, zwana potencjałem zasilania hurtowni danych w chwili t (np. liczba zapisów danych w hurtowni związanych z danym

wymiarem lub faktem, liczba rekordów dopisanych do tabeli wymiarów czy faktów, przypadające na jednostkę czasu itp.);

- $V^F(t)$ – nakłady (koszty) w firmie związane z jej działalnością (najczęściej liczone w jednostkach walutowych);
- $V^{FH}(t)$ – nakłady (koszty) w firmie z tytułu zasilania hurtowni danych operacyjnymi źródłami danych (mogą być liczone w jednostkach umownych, np. w jednostkach pojemności pamięci niezbędnej do przeprowadzenia transferu danych, pojemności buforów niezbędnych do transferu danych w jednostce czasu transferu itp.);
- $W^F(t)$ – dochody (przychody) firmy z jej działalności w chwili t , (najczęściej liczone w jednostkach walutowych);
- $L(t)$ – liczba źródeł zasilania hurtowni danych w chwili t (przeliczona np. liczbę bajtów niezbędnych do przechowania tych danych).

Dochody (przychody, korzyści) firmy $W^F(t)$, a także nakłady (koszty) $V^F(t)$ oraz $V^{FH}(t)$ wynikające z funkcjonowania firmy i hurtowni danych można scharakteryzować ich intensywnością (odpowiednio γ^F , π^F oraz π_l^{FH} gdzie $l=1,2,\dots,L(t)$ a $L(t)$ jest liczbą źródeł zasilających hurtownię danych w chwili t).

Potencjał zasilania otoczenia firmy $PZO(t)$ można scharakteryzować:

- użytecznością początkową firmy U^F_0 ;
- intensywnością operacyjną (wytwórczą) λ^F ;
- produktywnością firmy R^F ;

Potencjał związany z zasilaniem firmy w środki niezbędne do wykonywania jej działalności (tzw. potencjał odnowy firmy) $PZF(t)$ można obliczyć, znając:

- intensywność odnowy μ^F ;
- potencjał początkową firmy Z^F_0 .

Potencjał zasilania hurtowni danych operacyjnymi źródłami danych $PZH(t)$, podlegający również odnowie, można scharakteryzować:

- intensywnością odnowy każdego l -tego źródła danych μ^H_l , gdzie $l=1,2,\dots,L(t)$ a $L(t)$ jest liczbą tych źródeł;
- potencjałem początkowy firmy ze względu na l -te źródło zasilania hurtowni oznaczony jako Z^{FH}_l , gdzie $l=1,2,\dots,L(t)$ a $L(t)$ jest liczbą tych źródeł;
- użytecznością początkową każdego l -tego źródła zasilania hurtowni oznaczona jako U^{FH}_{l0} , gdzie $l=1,2,\dots,L(t)$ a $L(t)$ jest liczbą tych źródeł;
- produktywnością l -tego źródła danych R^{FH}_l , gdzie $l=1,2,\dots,L(t)$ a $L(t)$ jest liczbą tych źródeł.

Powyższe charakterystyki, dla przejrzystości dalszych rozważań, zaprezentowano w formie tablicy identyfikacji potencjału zabezpieczenia i użyteczności firmy z hurtownią danych (systemowa całość). Tablicę tę zaprezentowano w tabeli 1.

W podobny sposób dla hurtowni danych i jej użytkowników możliwa jest identyfikacja miar tego systemu i zdefiniowanie tablicy identyfikacji matematycznej hurtowni danych. Tablica tę sporządzona przy założeniu, że funkcjonowanie hurtowni danych w dowolnej chwili czasu t można scharakteryzować następującymi wielkościami:

- ilością $K(t)$ miar (wymiarów i faktów) przechowywanych w hurtowni danych w chwili t ;

- liczbą $L(t)$ źródeł zasilania hurtowni danych w chwili t ;
- $POH(t)$ – wielkością zasilania firmy w informacje wygenerowane z hurtowni danych, zwaną zabezpieczeniem firmy w informacje uzyskane w wyniku użytkowania hurtowni danych, wyrażoną w odpowiednich jednostkach miary (np.: liczba raportów wygenerowanych z hurtowni danych na jednostkę czasu itp.);
- $PZH(t)$ – wielkością zasileń hurtowni danych źródłami firmy (operacyjne źródła danych oraz inne zewnętrzne względem firmy źródła zasilania hurtowni), zwaną potencjałem odnowy hurtowni danych w chwili t ;
- $V^{FH}(t)$ – nakładami (kosztami) na zasilanie hurtowni danych operacyjnymi źródłami danych (mogą być liczone w jednostkach umownych, np. w jednostkach pojemności pamięci niezbędnej do przeprowadzenia transferu danych, pojemności buforów koniecznej do transferu danych w jednostce czasu transferu itp.);
- $W^F(t)$ – korzyściami firmy z utrzymania $K(t)$ miar (wymiarów i faktów) (mogą być liczone w jednostkach umownych, np. iloczyn liczby dostępów do wymiarów w jednostce czasu i współczynnika wagowego, określającego ważność wymiaru w procesach decyzyjnych i zdefiniowanego przez eksperta).

Następujące charakterystyki $PZH(t)$ oraz $V^{FH}(t)$ zostały już opisane i użyte w tablicach identyfikacji matematycznej firmy z hurtownią danych, gdy rozpatruje się je jako systemową całość.

Potencjał zasilania firmy informacjami wygenerowanymi z hurtowni danych $POH(t)$ można scharakteryzować:

- użytecznością początkową każdej k -tej miary (wymiaru i faktu) hurtowni danych U_{k0}^H , gdzie $k=1,2,\dots,K(t)$;
- intensywnością zasilania firmy w informacje wygenerowane z hurtowni danych z użyciem każdego z k miar λ_k^H , gdzie $k=1,2,\dots,K(t)$;
- produktywnością każdego k -tego wymiaru hurtowni danych R_k^H , gdzie $k=1,2,\dots,K(t)$.

Dochody (korzyści) firmy z tytułu dostępu do hurtowni danych $W^H(t)$ można scharakteryzować ich intensywnością γ_k^H , gdzie $k=1,2,\dots,K(t)$ a $K(t)$ jest liczbą miar przechowywanych w hurtowni danych w chwili t .

Wówczas tablica identyfikacji miar systemu hurtowni danych, utworzona na podobnych zasadach jak tablica identyfikacji firmy z hurtownią danych (systemowa całość) jest zgodna z tabelą 2.

Jeżeli w chwili $t=t_0$ zostały utworzone tablice identyfikacji matematycznej firmy z hurtownią danych oraz hurtowni danych (tabela 1 i 2 dla chwili $t=t_0$) to na ich podstawie można określić w dowolnym przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ możliwości firmy w relacji z jej otoczeniem $M^F(\Delta t)$ zgodnie z ogólną teorią systemów [15], co da się opisać wzorami:

$$M^F(\Delta t) = [M^F_1(\Delta t), \dots, M^F_m(\Delta t)] \quad (7)$$

$$M^F_j(\Delta t) = U^F_j(\Delta t) = U^F_{j0} - \{\xi_1 * V^F(\Delta t) + \xi_2 * V^{FH}(\Delta t)\} + C^F_j(\Delta t) * W^F_j(\Delta t)$$

$$W^F_j(\Delta t) = \sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \lambda_k^F(\tau) * \gamma_k^F(\tau)$$

$$V^F(\Delta t) = \sum_{r=1}^n \sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \pi_r^F(\tau) * \mu_r^F(\tau) \quad (8)$$

$$\xi_1 + \xi_2 = 1 \quad (9)$$

gdzie: n – liczba jednostek zasilających firmę w przedziale PSF,
 m – liczba podsystemów otoczenia w przedziale PSF zasilanych przez firmę,
 ξ_1, ξ_2 – współczynniki przeliczeniowe jednostek dochodu firmy z hurtownią danych oraz dochodów firmy bez hurtowni danych określone przez eksperta (inaczej waga dochodu firmy z hurtownią w stosunku do dochodu firmy bez hurtowni),
 $V^{FH}(\Delta t)$ – nakład na zasilanie hurtowni w $L(\Delta t)$ źródeł zasilania w przedziale $[t, t+\Delta t]$.

Tabela 1. Tablica identyfikacji matematycznej firmy z hurtownią danych

| | | | | |
|---|--|--|---|---|
| Dochody (przychody) firmy z tytułu świadczonych produkcji/usług w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $W^F(\Delta t)$ | Intensywność dochodu $\gamma^F(t)$ | Użyteczność początkowa firmy U^F_0 | Intensywność nakładu (kosztu) w chwili t $\pi^F(t)$ | Nakłady (koszty) firmy z hurtownią danych na działalność firmy (koszty) w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $V^F(\Delta t)$ |
| | | Cenność Firmy $C^F(t)$ (efektywność firmy $= 1/C^F$) | | |
| Użyteczność z tytułu zasilania otoczenia firmy w wyroby (produkty/usługi) zwana użytecznością zabezpieczenia operacyjnego firmy w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $U^F(\Delta t)$ | Intensywność operacyjna firmy (intensywność zasilania otoczenia firmy w wyroby/usługi) $\lambda^F(t)$ | Użyteczność początkowa l -tego źródła zasilania hurtowni U^{FH}_{l0} | Intensywność nakładu w chwili t w l -te źródło zasilania hurtowni $\pi^H_l(t)$ | Nakłady (koszty) firmy z tytułu zasilania hurtowni danych $L(\Delta t)$ źródłami danych w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $V^{FH}(\Delta t)$ |
| | | Produktywność wynikająca z podstawowej działalności firmy $R^F(t)$ | Intensywność odnowy potencjału firmy (zasilania firmy przez otoczenie) w chwili t $\mu^F(t)$ | Potencjał związany z zasilaniem firmy do wykonywania jej działalności zwany potencjałem odnowy w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $Z^F(\Delta t)$ |
| | | Potencjał początkowy firmy Z^F_0 | | |
| | | Produktywność l -tego wymiaru hurtowni danych $R^{FH}_l(t)$ | Intensywność odnowy potencjału hurtowni w chwili t $\mu^H_l(t)$ | Potencjał związany z zasilaniem hurtowni w źródła danych, zwany potencjałem odnowy hurtowni danych w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $Z^{FH}(\Delta t)$ |
| Potencjał początkowy firmy związany z l -tym źródłem zasilania hurtowni Z^{FH}_{l0} | | | | |

(źródło: opracowanie własne na podstawie: J. Konieczny: Inżynieria systemów działania. WNT, Warszawa, 1983, gdzie $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$)

Jeśli tylko w kolejnych chwilach przedziału czasu $[t, t+\Delta t]$ zgodnych ze wzorem:

$$t + i * (\Delta t/n) \quad \text{dla } i=1,2,\dots,n \quad (10)$$

znana jest cenność lub efektywność (odwrotność cenności) firmy oznaczona jako $C^F(t+i*\beta)$, to

$$C_j^F(\Delta t) = \frac{1}{2} * [C_j^F(t + \Delta t) + C_j^F(t)] + \sum_{i=1} C_j^F(t + i * (\Delta t/n)) \quad (11)$$

Przy założeniu, że θ_l , ς_l oraz ρ_l dla $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$, gdzie $L(\Delta t)$ jest liczbą źródeł zasilania hurtowni danych w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$, są współczynnikami wagowymi użytymi w celu przeliczenia jednostek odpowiednio potencjału zasilającego, dochodu lub nakładu do wspólnego poziomu odniesienia w dowolnym przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ można obliczyć:

- potrzeby firmy $P^{FH}(\Delta t)$ z hurtownią danych w zakresie jej zasileń informacyjnych hurtowni danymi pochodzącymi z $L(\Delta t)$ źródłami zasilania hurtowni danych;
- potrzeby firmy, oznaczone jako $P^F(\Delta t)$, w zakresie jej zasilania wynikającego z relacji z otoczeniem, które zaopatruje (zasila) firmę w środki produkcji/usług.

Tabela 2. Tablica identyfikacji matematycznej hurtowni danych

| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| Korzyści firmy z tytułu utrzymania $K(\Delta t)$ wymiarów w hurtowni danych przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $W^H(\Delta t)$ $[W^H_{1(\Delta t)}, \dots, W^H_{K(\Delta t)}(\Delta t)]$ | Intensywność korzyści z tytułu utrzymania $K(\Delta t)$ wymiarów hurtowni $\gamma^H_k(t)$ $k=1,2,\dots,K(\Delta t)$ | Użyteczność początkowa hurtowni k -tego ($k=1,2,\dots,K(\Delta t)$) wymiaru U^H_{k0} Cenność k -tej miary hurtowni $C^H_k(t)$ (efektywność hurtowni = $1/C^H_{k0}$) | Intensywność nakładu w chwili t na zasilanie hurtowni $L(\Delta t)$ źródłami danych $\pi^H_l(t)$ gdzie $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$ | Nakład (koszty) na zasilanie hurtowni danych $L(\Delta t)$ źródłami w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $V^{FH}_l(\Delta t)$ (jest to wektor) $[V^{FH}_{1(\Delta t)}, \dots, V^{FH}_{L(\Delta t)}(\Delta t)]$ gdzie $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$ |
| Potencjał związany z zasilaniem hurtowni do wykonywania jej działań w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ $U^H(\Delta t)$ | Intensywność operacyjna firmy (intensywność zasilania otoczenia firmy w wyroby/usługi) $\lambda^H_k(t)$ $K=1,2,\dots,K(\Delta t)$ | Wektor produktywność hurtowni R^H $[R^H_{1(t)}, \dots, R^H_{K(\Delta t)}(t)]$ Potencjał początkowy źródeł zasilania hurtowni Z^{FH}_{10} gdzie $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$ | Intensywność odnowy potencjału hurtowni w chwili t $\mu^H_l(t)$ (jest to wektor) $[\mu^H_{1(\Delta t)}, \dots, \mu^H_{L(\Delta t)}(\Delta t)]$ $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$ | Potencjał związany z zasilaniem hurtowni w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ w celu odnowy hurtowni do wykonywania jej działań $Z^H_l(\Delta t)$ gdzie $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$ |

(źródło: opracowanie własne na podstawie: J. Konieczny: Inżynieria systemów działania. WNT, Warszawa, 1983)

Potrzeby firmy z hurtownią danych $P^{FH}(\Delta t)$ oraz firmy $P^F(\Delta t)$ oblicza się wówczas z następujących wzorów:

$$P^{FH}(\Delta t) = \frac{U^{FH}(\Delta t)}{\sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \rho_l \pi_l^F(\tau)} = \frac{\sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \theta_l \mu_{l0}^F - \sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \sum_{k=1}^{L(\Delta t)} [\sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \varsigma_l * \pi_l^H(\tau) * \mu_l^H(\tau) + C^F(\tau) * W^F(\tau)]}{\sum_{\tau \in [t, \Delta t]} \sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \rho_l \pi_l^F(\tau)} \quad (12)$$

$$P^F(\Delta t) = [P^F_1(\Delta t), \dots, P^F_n(\Delta t)]$$

$$P^F_j(\Delta t) = \frac{U^F_j(\Delta t)}{\sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \pi^F_j(\tau)} = \frac{u^F_{j0} - V^F_j(\Delta t) + C^F_j(\Delta t) * W^F_j(\Delta t)}{\sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \pi^F_j(\tau)} \quad \text{dla } j=1,2,\dots,n \quad (13)$$

gdzie: n – liczba jednostek zasilających firmę w przedziale PSF,
 m – liczba podsystemów otoczenia w przedziale PSF zasilanych przez firmę,
 $\theta_l, \varsigma_l, \rho_l$ – współczynniki przeliczeniowe,
 $L(\Delta t)$ – liczba źródeł zasilających hurtownię w przedziale $[t, t+\Delta t]$.

Doboru współczynników θ_l, ς_l oraz ρ_l dla $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$ dokonuje ekspert a ich wartości muszą być zgodne ze wzorem:

$$\sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \theta_l = \sum_{k=1}^{L(\Delta t)} \varsigma_k = \sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \rho_l = 1 \quad (14)$$

Dodatkowo dla rozpatrywanej firmy z hurtownią w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ można obliczyć:

- nakłady firmy, oznaczone jako $V^F(\Delta t)$ na odnowę środków pracy;
- nakłady na utrzymanie hurtowni danych, oznaczone jako $V^{FH}(\Delta t)$, przy założeniu, że w hurtowni danych jest zasilana w $L(\Delta t)$ źródeł danych.

Są one zgodne z następującymi wzorami:

$$V^F(\Delta t) = \sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \pi^F(\tau) * \mu^F(\tau) \quad \text{oraz} \quad V^{FH}(\Delta t) = \sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \varsigma_l \pi_l^H(\tau) * \mu_l^H(\tau) \quad (15)$$

Możliwości hurtowni danych w dowolnym przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$, oznaczone jako $M^H(\Delta t)$ są zgodnie z inżynierią systemów [15] i da się je wyznaczyć następująco:

$$M^H(\Delta t) = \sum_{k=1}^{K(\Delta t)} U_{ko}^H - \sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \phi_l * V_l^H(\Delta t) + \sum_{k=1}^{K(\Delta t)} \eta_k * C_k^H(\Delta t) * W_k^H(\Delta t) \quad (16)$$

gdzie: η_k – współczynniki wagowe nakładów, obliczone we wspólnej jednostce walutowej, z tytułu odnowy k -tego źródła zasilania hurtownię,

ϕ_l – współczynniki wagowe dochodów, umożliwiające ich obliczenie we wspólnej jednostce walutowej, z tytułu użycia k -tego wymiaru lub faktu hurtowni,

$L(\Delta t)$ – liczba źródeł zasilania hurtowni,

$K(\Delta t)$ – liczba wymiarów i faktów w hurtowni danych w przedziale $[t, t+\Delta t]$.

Doboru współczynników η_k oraz ϕ_l (dla $k=1,2,\dots,K(\Delta t)$ oraz $l=1,2,\dots,L(\Delta t)$) dokonuje ekspert a ich wartości muszą być zgodne ze wzorem:

$$\sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \phi_l = \sum_{k=1}^{K(\Delta t)} \eta_k = 1 \quad (17)$$

Jeśli tylko w kolejnych chwilach przedziału czasu $[t, t+\Delta t]$:

$$t + r * (\Delta t/r) \quad \text{dla } i=1,2,\dots,r \quad (18)$$

znana jest cenność lub efektywność (odwrotność cenności) k -tego wymiaru hurtowni i oznaczono ją jako $C_k^H(t+i*(\Delta t/n))$, to dla $k=1, \dots, K(\Delta t)$ zachodzi:

$$C_k^H(\Delta t) = \frac{1}{2} * [C_k^H(t + \Delta t) + C_k^H(t)] + \sum_{i=1}^r C_k^H(t + i * (\Delta t / r)) \quad (19)$$

Dla firmy i hurtowni danych można także w dowolnym przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ określić współczynniki:

- zabezpieczenia potrzeb firmy w hurtowni danych oznaczony jako $h^H(\Delta t)$;
- wykorzystania możliwości hurtowni danych $d^H(\Delta t)$;
- dopasowania hurtowni danych do potrzeb firmy wyrażony jako $f^{FH}(\Delta t)$.

W celu wyznaczenia współczynnika $h^H(\Delta t)$ należy użyć współczynników wagowych ν_l , niezbędnych do przeliczenia jednostek potencjału odnowy l -tego źródła danych zasilających hurtownię do jednego wspólnego poziomu odniesienia, gdzie $l=1, 2, \dots, L(\Delta t)$ a $L(\Delta t)$ jest liczbą źródeł zasilania hurtowni w przedziale $[t, t+\Delta t]$. Współczynnik zabezpieczenia potrzeb firmy w hurtowni danych $h^H(\Delta t)$ oblicza się ze wzoru .

$$h^H(\Delta t) = \frac{B^H(\Delta t)}{P^{FH}(\Delta t)} = \frac{\sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \nu_l * \sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \mu_l^H(\tau)}{P^{FH}(\Delta t)} \quad (20)$$

gdzie: ν_l , – współczynniki przeliczeniowe,

$L(\Delta t)$ – liczba źródeł zasilania hurtowni.

Doboru współczynników ν_l (dla $l=1, 2, \dots, L(\Delta t)$, $k=1, 2, \dots, K(\Delta t)$) dokonuje ekspert zgodnie ze wzorem.

$$\sum_{l=1}^{L(\Delta t)} \nu_l = 1 \quad (21)$$

W celu wyznaczenia współczynników $d^H(\Delta t)$ należy użyć współczynników wagowych α_k , niezbędnych do przeliczenia jednostek potencjału użycia k -tego rzeczywistego wymiaru lub faktu hurtowni na jednostkę wspólnego poziomu odniesienia gdzie $k=1, 2, \dots, K(\Delta t)$ a $K(\Delta t)$ jest liczbą faktów i wymiarów hurtowni w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$. Współczynnik wykorzystania możliwości hurtowni danych wyznacza się ze wzoru :

$$d^H(\Delta t) = \frac{A^H(\Delta t)}{M^H(\Delta t)} = \frac{\sum_{k=1}^{K(\Delta t)} \alpha_k * \sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \lambda_k^H(\tau)}{M^H(\Delta t)} \quad (22)$$

gdzie: α_k – współczynniki przeliczeniowe,

$K(\Delta t)$ – liczba faktów i wymiarów hurtowni.

Wartości współczynników α_k muszą być zgodne ze wzorem:

$$\sum_{k=1}^{K(\Delta t)} \alpha_k = 1 \quad (23)$$

Na podobnych zasadach można określić współczynnik wykorzystania możliwości firmy $d^F(\Delta t)$:

$$d^F(\Delta t) = [d^F_1(\Delta t), \dots, d^F_m(\Delta t)] \text{ oraz } d^F_j(\Delta t) = \frac{A^F(\Delta t)}{M_j^F(\Delta t)} = \frac{\sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \lambda_j^F(\tau)}{M_j^F(\Delta t)} \text{ dla } j=1, 2, \dots, m \quad (24)$$

gdzie m jest liczbą jednostek otoczenia zasilanych przez firmę w przedziale PSF.

Współczynnik dopasowania hurtowni do potrzeb firmy $f^{FH}(\Delta t)$ zgodnie z teorią systemów działania wyznacza się z zależności:

$$f^{FH}(\Delta t) = \frac{M^H(\Delta t)}{P^{FH}(\Delta t)} \quad (25)$$

Dodatkowo dla firmy zasilanej w środki produkcji przez n jednostek otoczenia w przedziale PSF można obliczyć wektor $h^F(\Delta t)$ współczynników zabezpieczenia potrzeb firmy zgodnie ze wzorami:

$$h^F(\Delta t) = [h^F_1(\Delta t), \dots, h^F_n(\Delta t)]$$

$$h^F_j(\Delta t) = \frac{\sum_{\tau \in [t, t+\Delta t]} \mu_j^F(\tau) * \sum_{i=1}^m R_{ij}^F(\tau)}{P_j^F(\Delta t)} \quad \text{dla } j=1, 2, \dots, n \quad (26)$$

gdzie:

$P_j^F(\Delta t)$ - potrzeby otoczenia firmy ze względu na j -ty przepływem,

$R_{ij}^F(\tau)$ - produktywnością j -tego zabezpieczenia w środki produkcji do i -tego wyrobu (usługi) zrealizowanego na potrzeby otoczenia,

m - liczba podsystemów otoczenia zasilanych przez firmę.

Współczynniki $f^{FH}(\Delta t)$, $h^H(\Delta t)$, $d^H(\Delta t)$ a także $d^F(\Delta t)$ oraz $h^F(\Delta t)$ są podstawą oceny dopasowania hurtowni danych do potrzeb firmy na drugim i trzecim poziomie. Zależą one od charakterystyk zawartych w tablicach identyfikacji matematycznej firmy z hurtownią danych i samej hurtowni danych (tabela 1 i tabela 2). Zasady wyznaczania charakterystyk zawartych w tablicach identyfikacji matematycznej omówiono w kolejnym rozdziale pracy.

3.4. Metody wyznaczania charakterystyk tablic identyfikacji zabezpieczenia firmy i hurtowni danych

Jeśli założyć, że hurtownia danych w chwili t gromadzi dane w postaci $K(t)$ miar (wymiarów i faktów) i jest zasilana z $L(t)$ źródeł danych, to do pełnej możliwości wyznaczenia charakterystyk zawartych w tabelach identyfikacji matematycznej niezbędna jest znajomość metod obliczania następujących wielkości, zależnych od czasu:

- intensywności operacyjnej firmy $\lambda^F(t)$;
- intensywności dochodu $\gamma^F(t)$;
- intensywności nakładów (kosztów) $\pi^F(t)$;
- intensywności nakładów na utrzymanie l -tego ($l=1, 2, \dots, L(t)$) źródła danych w hurtowni $\pi^{FH}_l(t)$;
- intensywności odnowy l -tego ($k=1, 2, \dots, L(t)$) źródła zasilania hurtowni - $\mu^{FH}_l(t)$;
- intensywności odnowy potencjału firmy $\mu^F(t)$;
- cenności (ewentualnie efektywności) firmy $C^F(t)$;
- produktywności wynikającej z podstawowej działalności firmy $R^F(t)$;
- produktywności l -tego ($l=1, 2, \dots, L(t)$) źródła zasilania hurtowni danych - $R^{FH}_l(t)$;
- cenności (efektywności) k -tego ($k=1, 2, \dots, K(t)$) wymiaru hurtowni danych - $C^H_k(t)$;

- tablicy o wymiarze $K(t)$ elementów zwanej tablicą produktywności miar (wymiarów i faktów) hurtowni danych, elementami tabeli są produktywności $R^H_k(t)$ k -tego ($k=1,2,\dots,K(t)$) wymiaru hurtowni;
- tablicy o wymiarze $L(t)$ elementów zwana tablicą produktywności źródeł zasilających hurtownię danych; elementami tablicy są produktywności $R^{FH}_l(t)$ l -tego ($l=1,2,\dots,L(t)$) źródła danych;
- intensywności nakładu na zasilanie hurtowni w l -te ($l=1,2,\dots,L(t)$) źródło jej zasilania - $\pi^H_l(t)$;
- intensywności odnowy potencjału hurtowni ze względu na l -te ($l=1,2,\dots,L(t)$) źródło jej zasilania - $\mu^H_l(t)$;
- intensywności operacyjnej hurtowni względem k -tego ($k=1,2,\dots,K(t)$) wymiaru - $\lambda^H_k(t)$;
- intensywności korzyści wynikających z tytułu utrzymania k -tego ($k=1,2,\dots,K(t)$) wymiaru hurtowni danych - $\gamma^H_k(t)$;

Wyróżnione wielkości dokładniej opisano w pracy. Wszystkie te charakterystyki są związane z pomiarem jednej z następujących wielkości:

- intensywności przepływów,
- cenności,
- produktywności.

Intensywność przepływów, niezależnie od tego, czy dotyczy zabezpieczenia, odnowy, przepływów środków finansowych, informacji, czy materiałów, wyrobów, półproduktów itp. zwykle jest oszacowaniem przepływu w jednostce czasu. Intensywność przepływu można określić jako:

$$\text{Intensywność} = |\rho(t_1) - \rho(t_2)| / |t_1 - t_2| \quad (27)$$

gdzie symbolami t_1 , t_2 oznaczono chwile a $\rho(t_1)$ i $\rho(t_2)$ to przepływy w odpowiednich chwilach t_1 oraz t_2 takich, że $t_1 \neq t_2$.

Przepływami $\rho(t_1)$ lub $\rho(t_2)$ mogą być informacje, materiały, narzędzia produkcji czy wyprodukowane wyroby. Są to przepływy materialno-energetyczno-techniczne, finansowe oraz informacyjne. Wszystkie przepływy, których intensywność ma być obliczona, muszą być wyrażone w odpowiednich jednostkach, zależnych od rodzaju tego przepływu. Na przykład jednostki przepływu wyrobów, w zależności od rodzaju wyboru, to sztuki, metry, kubiki itp., a jednostki przepływu informacji wygenerowanych z hurtowni to liczba raportów i wydruków, w których daną miarę (wymiar, fakt, informację) zawarto. Ze wzoru (27) wynika, że intensywność wyrażona jest w jednostkach przepływu na jednostkę czasu.

Cenność (efektywność) najczęściej wyraża się liczbowo z użyciem odpowiednich wzorów. Za literaturą [1] cenność (efektywność) można obliczyć z następującego wzoru:

$$\text{Cenność} = (E - N)/N \quad (28)$$

gdzie symbolem E oznaczono efekty (wyniki) działania a N nakłady poniesione na prowadzoną działalność.

Produktywność wiąże się z aktywnością czynników wytwórczych i może być wyrażona stosunkiem całkowitych przychodów ze sprzedaży do kosztu (wartości) wykorzystywanego czynnika wytwórczego (zasobu). Często wskaźniki produktywności określają relacje

zachodzące między wyposażeniem przedsiębiorstwa w środki trwałe i ich wykorzystaniem a uzyskanymi wynikami produkcyjnymi.

Reasumując, należy stwierdzić, że zaprezentowane pobieżnie metody wyznaczenia intensywności, cenności i produktywności, niezależnie od rodzaju przepływu, dowodzą możliwości określenia wszystkich charakterystyk w tabelach identyfikacji matematycznej firmy z hurtownią danych (tabela 1) oraz hurtowni danych (tabela 2). Tym samym możliwe jest również dopasowanie hurtowni do firmy na drugim i trzecim poziomie.

3.5. Algorytm metody dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych firmy

Koncepcję metody dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych decydentów schematycznie zaprezentowano na rys. 3. Szczegółowy algorytm tej koncepcji przedstawiono w formie schematu blokowego na rys. 4.

W algorytmie tym użyto operatora rozmytego typu co-najmniej-większy-równy, oznaczonego symbolem \geq . Wyraża on porównanie liczb w aspektach liczb przybliżonych.

Aby algorytm z rys. 4 zrealizować, niezbędne jest wyznaczenie wartości współczynników $d^H(\Delta t)$, $h^F(\Delta t)$, $d^F(\Delta t)$ i $h^H(\Delta t)$ a także obliczenie możliwości $M^H(\Delta t)$ i potrzeb $P^H(\Delta t)$ hurtowni danych oraz możliwości $M^F(\Delta t)$ i potrzeb $P^{FH}(\Delta t)$ firmy w przedziale czasu $[t, t+\Delta t]$ gdzie t jest chwilą utworzenia kolejnej rzeczywistej wersji schematu hurtowni danych.

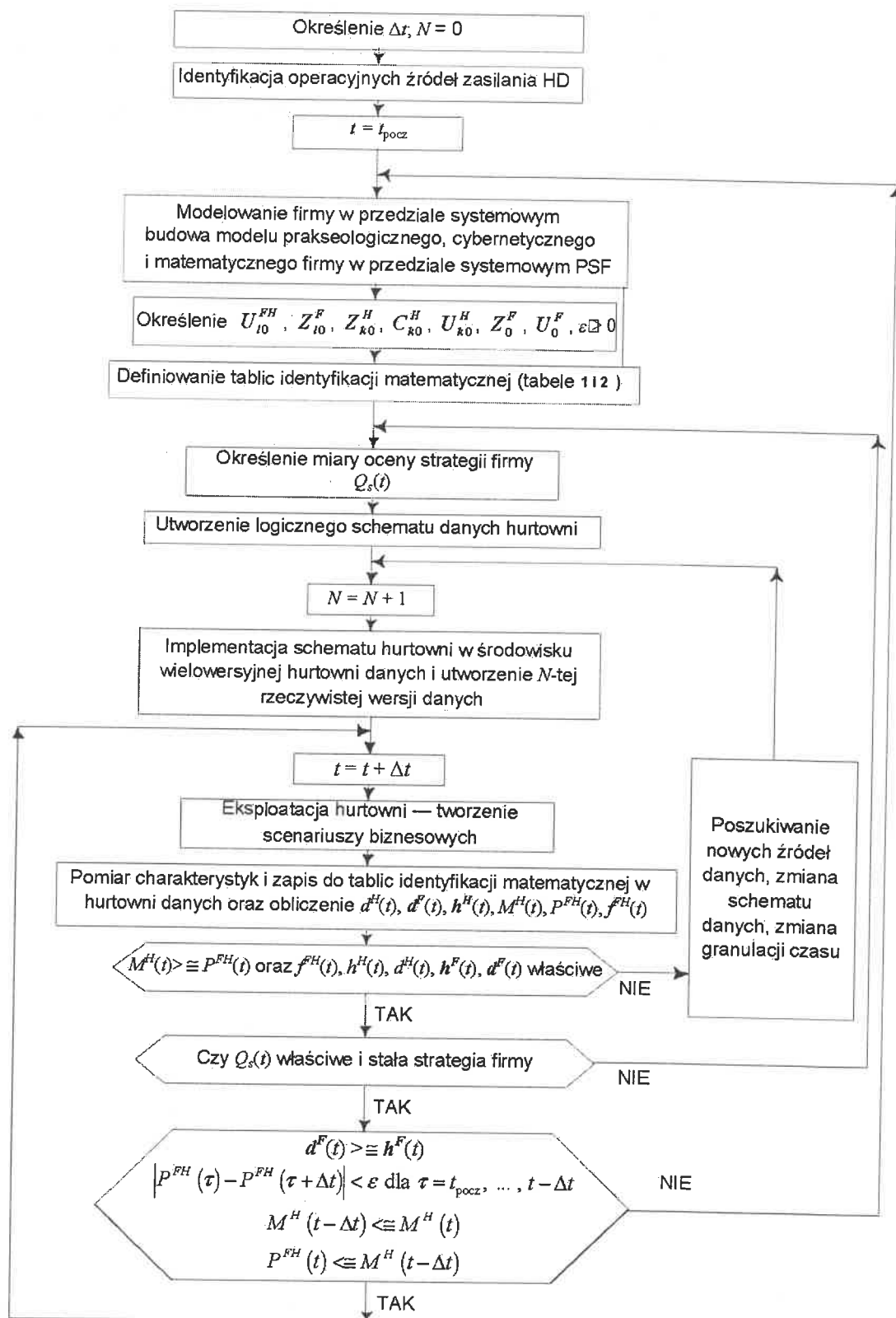
Podstawą algorytmu są dane, które hurtownia musi przechowywać w każdej chwili t , wynikające z tablic identyfikacji matematycznej (tabela 1 i tabela 2).

Dodatkowo w hurtowni w chwili t powinny być zawarte określone przez eksperta współczynniki θ_k , ζ_k , ρ_k , η_l , ϕ_k , ν_l i α_k (wzory od (7) do (24)), niezbędne do obliczenia jej dopasowania a także powinna być zdefiniowana funkcja przynależności dla operatora rozmytego co-najmniej-większy-równy.

Tablice identyfikacyjne (tabela 1 i tabela 2) pozwolą na weryfikację jej dopasowania do firmy na drugim i trzecim poziomie. Do pełnej oceny dopasowania niezbędne jest przechowywanie dodatkowo w hurtowni miar oceny realizacji strategii firmy w dowolnej chwili czasu t (dopasowanie na pierwszym poziomie). W algorytmie z rys. 4 miary te oznaczono symbolem $Q_S(t)$. Zwykle jest to zestaw jednego lub wielu parametrów. Miary te nie tylko zależą od strategii firmy, ale są silnie związane z metodą ich weryfikacji oraz z metodą tworzenia biznesplanu. W rozważanym w pracy przykładzie, w którym biznesplan sformułowano jako zadanie optymalizacyjne, a miarą realizacji biznesplanu jest bilans kosztów i przychodów firmy, metodą weryfikacji miar $Q_S(t)$ może być porównanie na podstawie danych zgromadzonych w wymiarach i faktach hurtowni, bieżących wartości kosztów i przychodów firmy z wartościami, wynikającymi z modelu optymalizacyjnego.

Z funkcjonalnego punktu widzenia wszystkie wielkości niezbędne do oceny dopasowania hurtowni do firmy, użyte na pierwszym, drugim i trzecim poziomie powinny być gromadzone w specjalnej warstwie ewolucyjnej. Tu przechowywane by były wszystkie charakterystyki zawarte w tablicach identyfikacji (tabela 1 i tabela 2) dla każdej chwili pomiaru t , miary $Q_S(t)$, wynikowe wartości współczynników dopasowania, takich jak $d^F(t)$, $d^H(t)$, $h^F(t)$, $h^H(t)$, $f^{FH}(t)$, $M^H(t)$, $M^F(t)$, $P^{FH}(t)$, numer wersji N schematu hurtowni, czas

kolejnego pomiaru dopasowania oraz wszystkie współczynniki określone przez eksperta (np. $\theta_k, \varsigma_k, \rho_k, \eta_l, \phi_k, \upsilon_l, \varepsilon$ i α_k), niezbędne do obliczenia współczynników dopasowania.



Rys. 4. Algorytm metody dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych użytkowników hurtowni (źródło: opracowanie własne)

Algorytm z rys. 4 ma charakter iteracyjny i adaptacyjny. Każdorazowo, w kolejnych chwilach sprawdzane są warunki dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych jej użytkowników, a warstwa ewolucyjna gromadzi w hurtowni na bieżąco metryki i charakterystyki niezbędne do obliczenia warunków dopasowania na pierwszym, drugim i trzecim poziomie.

Oparta na algorytmie z rys. 4 metoda różni się od istniejących w literaturze metod i koncepcji dopasowania hurtowni danych do zmiennych w czasie potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa następującymi cechami:

1. Umożliwia automatyzację procesu „strojenia” oraz dopasowania hurtowni danych do nowych potrzeb, przez zachowanie w warstwie ewolucyjnej niezbędnych charakterystyk mierzonych na bieżąco; wówczas analityk systemowy, projektant i administrator hurtowni danych w formie interakcji mogą zmodyfikować schemat hurtowni i wygenerować nową wersję rzeczywistą schematu hurtowni.
2. Łączy w sobie modelowanie biznesowe z modelem danych.
3. W modelowaniu biznesowym obejmuje swoim zasięgiem określanie wymagań systemu z hurtownią danych z wykorzystaniem wieloaspektowej metody identyfikacji i budowy modeli firmy: prakseologicznego, cybernetycznego, matematycznego i ocenowego (ocena realizacji biznesplanu).
4. Uwzględnia zmienność przyszłości w odniesieniu do przeszłości i teraźniejszości (budowa scenariuszy biznesowych z użyciem wersjowania modelu danych w hurtowni).
5. Integruje wersjowanie z ewolucją schematu danych hurtowni.
6. Umożliwia dopasowanie hurtowni nawet do gwałtownych zmian stanu, celów i strategii firmy w jej zmiennym otoczeniu.

4. ZASTOSOWANIA METODY

W celu dopasowania (adaptacji nadążnej) hurtowni danych i odwzorowania w czasie zmienności firmy, jej otoczenia i potrzeb informacyjnych użytkowników należy:

1. Wprowadzić nową warstwę ewolucyjną, w której będą znajdować się dane do modelu firmy i oceny dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb,
2. Zaimplementować w narzędziach hurtowni danych wielowersyjność.

Dzięki temu zostaną rozszerzone funkcje hurtowni danych. Wówczas po zaprojektowaniu struktur:

- hurtowni danych (np. z użyciem modelu firmy, aktywnej metody projektowania hurtowni, metody wielowymiarowego modelowania danych, za pomocą zmodyfikowanych diagramów UML oraz innych metod zaprezentowanych w pracy);
- danych w warstwie ewolucyjnej do opisu modelu firmy, możliwe będzie przystąpienie do utworzenia pierwszej wersji (rzeczywistej) hurtowni danych.

Dalej nastąpi implementacja i wdrażanie hurtowni z możliwością dostrajania jej struktury. Kolejny etap to pełna eksploatacja rzeczywistej wersji hurtowni danych. W trakcie eksploatacji niesatysfakujące mogą okazać się następujące oceny:

- dopasowanie na drugim poziomie (relacja typu co-najmniej-większy-równy między odpowiednimi współczynnikami h^H , d^H oraz f^{FH} , a także między potrzebami firmy P^{FH} a możliwościami hurtowni M^H w kolejnym przedziale czasu, jaki upłynął od założenia ostatniej wersji rzeczywistej hurtowni danych, jest niepoprawna - zły w ocenie eksperta współczynnik f^{FH});
- dopasowania na pierwszym poziomie (ocena realizacji biznesplanu);
- dopasowania na trzecim poziomie (relacja typu co-najmniej-większy-równy między współczynnikami h^F i d^F jest niepoprawna).

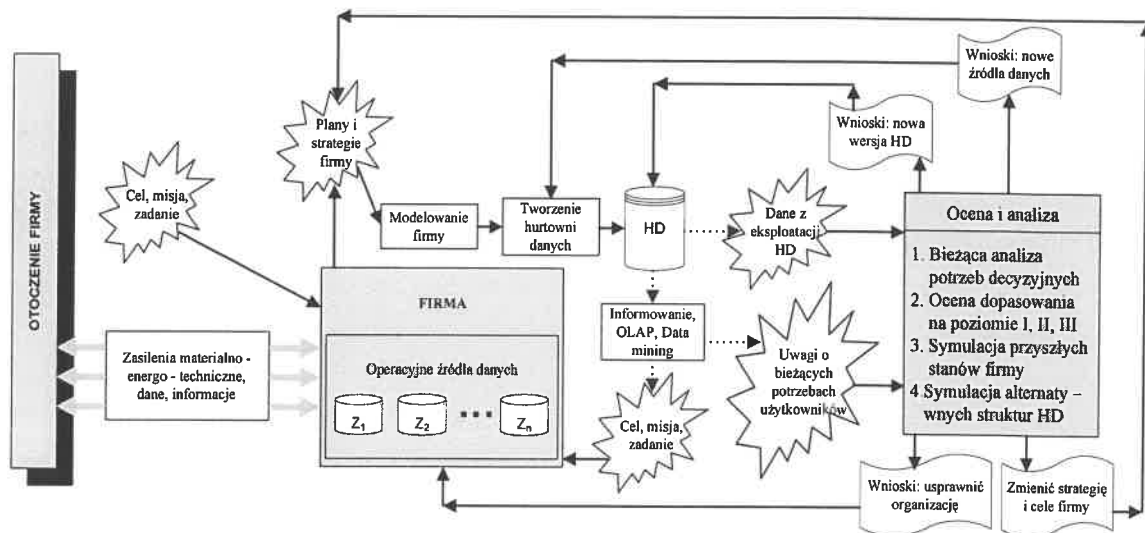
Wówczas to należy podjąć następujące działania:

- zmienić struktury danych i metody zasilania hurtowni, gdy powstało nowe zapotrzebowanie na informację w hurtowni danych w wyniku zmiany metod podejmowania decyzji lub pojawiło się nowe źródło danych;
- dokonać zmian organizacyjnych w firmie, zmienić jej strategię i biznesplan, by lepiej dopasować firmę do otoczenia.

Realizacja tych działań w systemie hurtowni danych, zgodnie z metodą dopasowania spowoduje powstanie następnej wersji rzeczywistej hurtowni danych. Dzięki wielowersyjności możliwa będzie również:

- symulacja scenariuszy biznesowych;
- obserwacja procesu zmian oceny dopasowania;
- pozyskiwanie nowych źródeł danych z otoczenia firmy;
- weryfikacja bieżących potrzeb użytkowników hurtowni.

Opracowana metoda dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb jej użytkowników umożliwia zatem bieżący pomiar i ocenę działań firmy i jej hurtowni. Ideę tego zarządzania zaprezentowano na rys. 5.



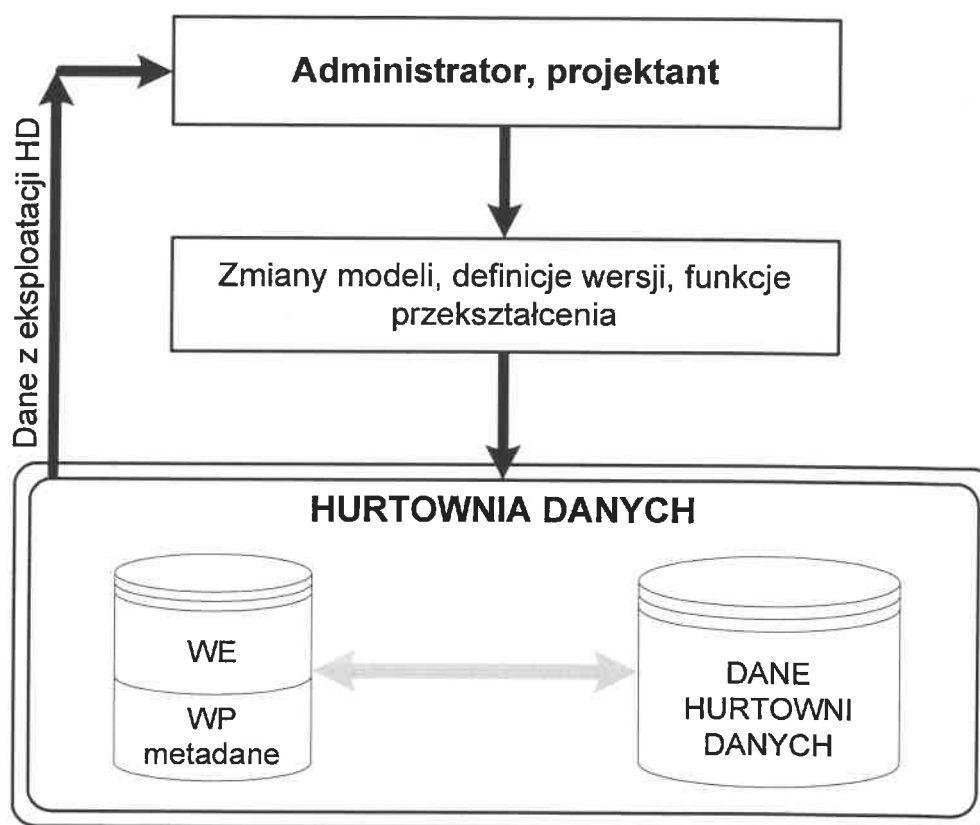
Rys.5. Model zarządzania firmą z wielowersyjną hurtownią danych (źródło: opracowanie własne).

W dowolnej chwili administrator hurtowni danych (osoba wykonująca operację strojenia hurtowni danych), w porozumieniu z ekspertem, analitykiem, projektantem i twórcą

hurtowni może przez utrzymywane w warstwie metadanych hurtowni referencje do danych hurtowni:

1. Ocenic dopasowanie hurtowni na wszystkich trzech poziomach i utrzymac dotychczasowy model hurtowni, poniewaz wskaźniki dopasowania h^H , d^H , h^F , d^F , a takze P^{FH} , M^H , f^{FH} sa zadowalajace.
2. Dokonac zmiany tabel identyfikacji matematycznej zgodnych z rzeczywistoscia firmy i opracowac nowy schemat danych w hurtowni w wersji rzeczywistej na podstawie dotychczasowej wersji rzeczywistej dostepnej w metadanych hurtowni, gdy dopasowanie nie jest zadowalajace na drugim i trzecim poziomie.
3. Ocenic realizacje dopasowania i podjac decyzje o koniecznosci opracowania nowego schematu danych hurtowni, poniewaz miary ocen na ktorymś z poziomów nie sa zadowalajace.

Działania te są zgodne z ideą zaprezentowaną na rys. 6, z którego wynika rola warstwy ewolucyjnej wspomagającej działania administratora (osoba wykonująca operację strojenia hurtowni danych) hurtowni.



Rys.6. Rola warstw ewolucyjnej (WE) i metadanych (WP) w hurtowni danych (źródło: opracowanie własne).

Istotą zaprezentowanej metody jest rozszerzenie funkcji i roli hurtowni danych o możliwości oceny jej dopasowania do zmiennych w czasie potrzeb informacyjnych firmy. Jest to rodzaj oceny jakości danych przechowywanych w hurtowni, wykonywanej iteracyjnie w kolejnych chwilach, w sposób usystematyzowanym, automatyczny.

Zastosowanie tej metody nie wyklucza możliwości implementacyjnych innych metod wskaźnikowych (subiektywnie dobieranych przez użytkowników hurtowni), takich jak np. koncepcja DWQ, ale je rozszerza o takie aspekty, które nie tylko pozwalają ocenić w czasie rzeczywistym dopasowanie możliwości hurtowni do potrzeb informacyjnych jej użytkowników, ale również dopasowanie firmy do jej zmiennego otoczenia oraz sposób realizacji strategii firmy.

5. OCENA I OGRANICZENIA METODY

Każda metoda rozumiana jako systemem postępowania (sposób wykonywania czynu złożonego), polegający na określonym doborze i układzie działań zgodnych z przyjętym planem i nadający się do wielokrotnego stosowania, wymaga weryfikacji i oceny. Są dwa możliwe główne sposoby weryfikacji i dowodu słuszności metod. Należą do nich:

- weryfikacja z użyciem eksperymentu weryfikacyjnego;
- dowód słuszności metody oparty na podstawach teoretycznych dziedziny lub wielu dziedzin, do których się metoda odnosi (np. inżynieria systemów działania, ekonometria, inżynieria wymagań, metodologia projektowania, teoria identyfikacji).

Możliwa jest również weryfikacja łącząca te dwa sposoby, w której pewne aspekty metody dowodzi się wywodem teoretycznym, a inne weryfikuje praktycznie.

Weryfikacja empiryczna zwykle nie może się opierać się na jednym przykładzie testującym. Często przeprowadza się pełną weryfikację dla wszystkich lub typowych przypadków użycia, zależnie od złożoności rzeczywistości, do której odwołuje się eksperyment.

W przypadku weryfikacji teoretycznej metody dowodzi się poprawności wyводу, który prowadzi do jej opracowania, stosując znane metody badań naukowych oparte na aksjomatach, prawach, twierdzeniach i innych wcześniej udowodnionych metodach postępowania. Istnieją dwie następujące sytuacje, w których możliwe by było przeprowadzenie weryfikacji empirycznej opracowanej metody dla rzeczywistego przedsiębiorstwa:

1. Wielowersyjna hurtownia danych w firmie nie została jeszcze zaimplementowana.
2. W firmie funkcjonuje wielowersyjna hurtownia danych, ale nie ma w systemie ją obsługującym tablic identyfikacji matematycznej lub struktury danych nie uwzględniają pomiaru danych niezbędnych do eksperckiej oceny stopnia realizacji tej strategii.

W pierwszym z tych przypadków (brak wielowersyjnej hurtowni danych) nie uwzględnia się żadnego dopasowania nieistniejącej hurtowni do zmiennych potrzeb przedsiębiorstwa w drugim zaś należy:

1. Opracować biznesplan dla tej przykładowej firmy.
2. Utworzyć i zaimplementować tablice identyfikacji matematycznej.
3. Zaprojektować i utworzyć hurtownię danych na podstawie danych źródłowych, które powinny ją zasilać oraz opracować biznesplan firmy.
4. Przeprowadzić eksploatację hurtowni i dokonywać w kolejnych chwilach pomiaru jakości danych w niej zawartych oraz pomiaru dopasowania firmy do hurtowni i firmy do jej otoczenia.

5. Zmodyfikować model hurtowni danych (gdy zmieni się biznesplan lub gdy parametry eksploatacyjne hurtowni, w tym jakość danych) nie są zadowalające) przez wprowadzenie kolejnej (rzeczywistej) wersji schematu danych opartej być może na nowym biznesplanie i dokonać zmian w tablicach identyfikacji matematycznej.

Realizacja wymienionych zadań, wymagałaby ingerencji w takie aspekty działalności firmy, które są objęte klauzulą poufności (np. strategia firmy, jej wyniki finansowe, nakłady i dochody). Jest to główna bariera uniemożliwiająca przeprowadzenia takiego eksperymentu. Dowód powyższej metody musiałby być też realizowany z uwzględnieniem zmiennego w czasie otoczeniu firmy; a przecież eksperymentator nie wpływać na zmienność potrzeb informacyjnych, a tym samym przewidzieć czasu trwania eksperymentu. Czas zakończenia eksperymentu w stosunku do czasu jego rozpoczęcia mógłby być nieprzewidywalnie odległy, ponieważ trudno jest określić chwilę, w której zmieniają się potrzeby informacyjne przedsiębiorstwa wybranego do eksperymentu i jaki będzie kierunek tych zmian. Dodatkowo należy zauważyć, że gdyby - zaprzeczając powyższej konkluzji - założyć, że eksperyment w pewnej firmie jest możliwy, to i tak niczego by nie dowodził. Nie można by było bowiem ocenić sprawności metody i jej „cenneści” w ogólnym znaczeniu dla pełnego dowodu metody. Dlatego eksperymentalny dowód słuszności metody nie jest ogólnie możliwy tak jak nie są możliwe symulacja złożonej zmienności otoczenia w czasie na zadowalającym poziomie odniesienia, symulacja wpływu zmian otoczenia na firmę i jej strategię czy też symulacja wpływu firmy i jej otoczenia na zmienne potrzeby użytkowników hurtowni.

Z przytoczonych powyżej przyczyn w pracy zastosowano podejście teoretyczne i pewne zweryfikowane w praktyce sposoby działań (wyniki eksperymentów). Część teoretyczna dowodu wynika z:

- teorii i inżynierii systemów działania;
- wieloaspektowego określania potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa;
- wielowersyjnego schematu danych hurtowni i metod odwzorowania ewolucji źródeł danych zasilających hurtownię w ten schemat;
- ze znanych metod projektowania hurtowni.

Metoda omówiona w pracy jest sposobem wykonania złożonego zadania, jakim jest dopasowanie hurtowni do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa. Ma charakter proceduralny. Jest działaniem zaplanowanym i możliwym do wielokrotnego użycia. Można w niej zastosować dowolny plan strategii firmy. Dodatkowo takie elementy jak możliwość utworzenia schematu danych hurtowni dla dowolnego biznesplanu, możliwość zastosowania procedury modelowania przedsiębiorstwa możliwość pomiaru w hurtowni, zostały praktycznie udowodnione w innych pracach, szczegółowo omówionych w rozdziałach od 2 do 4 monografii.

Metoda może być użyta w dowolnej wielowersyjnej hurtowni danych. Dodatkowo pozwala w czasie rzeczywistym na:

1. Gromadzenie danych o dopasowaniu firmy do jej otoczenia w szerokim aspekcie przedziału systemowego.
2. Gromadzenie danych ocenę ekspercką ocenę bieżącej realizacji strategii, ponieważ schemat danych uwzględnia takie dane (pierwszy poziom dopasowania).

3. Gromadzenie dodatkowych danych będących miarą użytkowej jakości danych, takich jak użyteczność, świeżość itp., ponieważ możliwa jest implementacja modelu DWQ w matadanych hurtowni.

Omówiona w pracy metoda ma także następujące własności:

1. Umożliwia tworzenie scenariuszy biznesowych (symulacja różnych stanów przyszłych i bieżących), tak istotnych w procesach biznesowych firmy.
2. Automatyzuje proces nadążnego dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb przedsiębiorstwa.
3. Ponieważ jest oparta na systemowym podejściu to uwzględnia ona nie tylko potrzeby informacyjne użytkowników z punktu widzenia przepływów informacyjnych w firmie, ale również jej dopasowanie do otoczenia.
4. Jest tak niezawodna, jak niezawodny jest system zarządzania hurtownią danych i ekspert określający poziom dopasowania hurtowni do przedsiębiorstwa, stopień realizacji założonej strategii czy poziom dopasowania firmy do jej otoczenia.
5. Może być zastosowana w dowolnym przedsiębiorstwie produkcyjno-usługowego.
6. Uwzględnia ewolucję firmy i ewolucję przepływów informacyjnych, a dzięki wielowersyjności umożliwia również ewolucję schematu danych hurtowni.

Ta ostatnio wymieniona właściwość jest jej najważniejszą cechą, której nie mają dotychczas dostępne rozwiązania, używane na dowolnym etapie całego cyklu życia hurtowni danych. Istniejących bowiem metody dopasowania hurtowni do potrzeb informacyjnych biorą pod uwagę wyłącznie statyczny charakter tych potrzeb. Jedyny praktyczny wyjątek stanowią tu metody oparte na modelu wielowersyjnym. Uwzględniają one jednak tylko ewolucję schematu danych, wynikającą ze zmienności źródeł zasilania hurtowni, ale nie biorą pod uwagę ewolucyjnego charakteru funkcjonowania firmy w jej zmieniającym się otoczeniu, a także zmiennością w czasie zarówno metod zarządzania, jak i strategii firmy. Metoda omówiona w pracy uwzględnia te wszystkie wyżej wymienione aspekty i w tym sensie wnosi nową jakość w dopasowaniu hurtowni do zmiennych potrzeb przedsiębiorstwa.

Należy zauważyć, że szeroki aspekt zmienności potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa, uwzględniony w opracowanej metodzie, ma dodatkowo adaptacyjny i nadążny a nie sztywny (jednokrotnie zrealizowany), charakter. Adaptacja polega tu na możliwości zmiany zarówno struktury danych hurtowni (pod wpływem niezadowolających bieżących pomiarów), jak i kryterium zdefiniowanego przez eksperta, wyrażonego funkcją przynależności dla operatora typu nie-większy (nie-mniejszy). Wprowadzenie nowej struktury danych jest możliwe dzięki implementacji wielowersyjnej hurtowni danych, która powinna wspierać metodę adaptacyjną. Adaptacyjny charakter opracowanej metody dopasowania hurtowni do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa oparty na bieżącym, zautomatyzowanym pomiarze, odróżnia tę metodę w sposób istotny od innych istniejących dotychczas rozwiązań.

Należy również zauważyć, że zmienny w czasie charakter potrzeb informacyjnych oznacza, że gdy w chwili t_0 potrzeby te są postrzegane, w chwili t_1 , zaś interpretowane jako efekt procesu interpretacyjnego w chwili t_2 (tu w aspekcie problemu badawczego – na podstawie dostępu do hurtowni danych) i wykorzystane w chwili t_3 , takiej, że:

$$t_0 < t_1 < t_2 < t_3 \quad (29)$$

to istotny jest odstęp czasu między wyróżnionymi chwilami t_3 a t_0 . W krańcowym przypadku może zdarzyć się, że jest on zbyt duży, aby wykorzystanie danych zawartych w hurtowni mogło być skuteczne.

Rodzi się zatem konieczność szybkiego postrzegania, interpretowania i użycia potrzebnej informacji, zaś różnica $t_3 - t_0$ może być traktowana jako jeden z mierników zabezpieczenia (zasilania) potrzeb informacyjnych. Metoda przedstawiona w pracy umożliwi realizację tej sugestii, czego nie czynią inne metody projektowania i eksploatacji hurtowni danych.

Proces dopasowania hurtowni do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa to także tzw. usprawnienie systemu przedsiębiorstwa. Wygodnym narzędziem metodologicznym doskonalenia systemów jest ogólny model sytuacji usprawniania, w której można wyróżnić podsystem usprawniany – przedsiębiorstwo (w szczególności zatrudnieni w nim ludzie, korzystający z danych, informacji i wiedzy w procesach informowania i podejmowania decyzji) i podsystem usprawniający. W tym przypadku podsystemem tym jest hurtownia danych. Istotną rolę w systemie usprawniania odgrywa zespół złożony z informatora (w rozważanym problemie rolę tę pełnią hurtownia i analityk – ekspert), realizator usprawnienia i decydent systemowy (tu administrator i projektant hurtowni). Skuteczność usprawniania ma istotne znaczenie w zabezpieczeniu zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa, wyrażanych współczynnikami dopasowania możliwości hurtowni do tych potrzeb. Zgodnie z zasadą nietrwałości usprawniania obowiązująca w inżynierii systemów działania, nie istnieją trwałe usprawnienia systemów i dlatego należy w porę przewidzieć dalsze doskonalenie podsystemu usprawnianego. Omówiona w pracy metoda, będąca procedurą wielokrotnego użytku, jest zgodna z tą zasadą. Taki aspekt dopasowania hurtowni danych jako element usprawniania firmy nie jest przedmiotem żadnej z istniejących metod jej dopasowania do potrzeb użytkowników.

Należy również zauważyć, że miarą skuteczności usprawniania jest stopień zgodności uzyskanego wyniku z zamierzonym celem usprawnienia. Załóżmy, że w chwili t_w wprowadzono usprawnienie (nowa wersja rzeczywista hurtowni danych dopasowana do nowych potrzeb informacyjnych firmy). Metoda umożliwi ocenę usprawnień wprowadzonych w chwili t_w usprawnień po upływie czasu $t_w + \Delta t$ i ponowne porównanie uzyskanych wyników. Pozwoli to nie tylko ocenić dopasowanie hurtowni do potrzeb firmy, firmy do otoczenia czy stopień realizacji strategii firmy, ale także określić skutki zmian (usprawnień) wprowadzonych w chwili t_w . Ta cecha przedstawionej metody ma również innowacyjny charakter.

6. PODSUMOWANIE

Coraz częściej procesy podejmowania decyzji są wspomagane hurtowniami danych. Praktyka wykazuje jednak, że hurtownie danych budowane w firmach nie zachowują zmienności struktur faktów i wymiarów w stopniu wystarczającym do sprostania zarządzaniu strategią firmy w szerokim tego słowa znaczeniu.

Oprócz podstawowych zadań i funkcji przypisanych hurtowniom danych, jak integracja, dostęp do danych historycznych, przetwarzanie analityczne, wspomaganie decyzji, wywód

wiedzy, powinny także wykonywać dodatkowe funkcje, których celem będzie dopasowanie (adaptacja) hurtowni danych i odwzorowanie w czasie zmienności firmy, jej otoczenia i potrzeb informacyjnych użytkowników.

Zgodnie z omówioną metodą hurtownie danych, aby mogły realizować wymienione funkcje powinny:

- być oparte na wielowersyjny model hurtowni danych i zawierać warstwę ewolucyjną hurtowni;
- przechowywać zachowany w warstwie ewolucyjnej model firmy w formie tabel identyfikacji matematycznej (tabele 1 i 2);
- umożliwić ocenę relacji między potrzebami użytkowników a swoimi możliwościami na tle oceny bieżącego funkcjonowania firmy oraz bieżącą ocenę realizacji strategii firmy.

Metoda przedstawiona w pracy różni się od innych, istniejących w literaturze metod i koncepcji projektowania hurtowni danych następującymi cechami:

1. Łączy w sobie modelowanie biznesowe z modelem danych.
2. W modelowaniu biznesowym obejmuje określanie wymagań systemu z hurtownią danych z wykorzystaniem zintegrowanej metody identyfikacji i modelowania prakseologicznego, cybernetycznego, matematycznego i ocenowego firmy.
3. Uwzględnia zmienność przyszłości w odniesieniu do przeszłości i teraźniejszości (budowa scenariuszy biznesowych z użyciem wersjowania modelu danych w hurtowni).
4. Dzięki warstwie ewolucyjnej umożliwia automatyzację „strojenia”, dopasowania hurtowni danych do nowych potrzeb z użyciem oprogramowania, za pomocą którego analityk systemowy może w formie interakcji modyfikować schemat hurtowni, tak by osiągnąć lepsze jej dopasowanie hurtowni do potrzeb firmy.
5. Skraca czasu dostępu do nowych potrzeb informacyjnych w hurtowni danych, która podlega ewolucji.

Implementacja metody wymaga zastosowania:

- wielowersyjnego modelu danych;
- nowych metod hurtowni danych, realizowanych iteracyjnie, wieloaspektową ocenę, obejmującą dopasowanie hurtowni do wymagań jej użytkowników, dopasowanie firmy do otoczenia oraz kontrolę poziomu realizacji biznesplanów czy strategii firmy;
- ewolucyjnej i aktywnej (adaptacyjnej) metody projektowania hurtowni danych;
- dodatkowej warstwy ewolucyjnej hurtowni, umożliwiającej pomiar i ocenę schematu danych, ewidencję danych charakteryzujących potrzeby i możliwości firmy w jej otoczeniu oraz pozwalającej na ocenę zabezpieczenie potrzeb i wykorzystania możliwości hurtowni w procesie jej eksploatacji.

Implementacja warstwy ewolucyjnej rozszerzy zakres funkcji i rolę hurtowni danych a głównym jej zadaniem jest odwzorowanie zmienności stanów firmy w tabelach identyfikacji matematycznej firmy oraz hurtowni. Dowodzi to hipotezy, że budowa hurtowni z mechanizmami wersjowania schematu danych i automatyzacją procesu jej dopasowywania do zmiennych potrzeb jest możliwa dzięki wskaźnikom pokrycia potrzeb i wykorzystania

możliwości firmy z hurtownią danych, a także dzięki realizacji oceny wykonania strategii firmy z użyciem warstwy ewolucyjnej. Lepsze dopasowanie takich hurtowni do potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa jest osiągnięte dzięki pomiarowi tych wskaźników w czasie rzeczywistym.

W metodzie tej zintegrowano wielowersyjne podejście do generowania scenariuszy biznesowych z ewolucją rzeczywistych wersji schematu danych adekwatnych do zmiennych potrzeb firmy. Dzięki temu wiarygodność symulacji przyszłych scenariuszy biznesowych będzie wyższa, a one same lepiej dopasowane do aktualnych potrzeb firmy i jej strategii.

Metoda przedstawiona w pracy uwzględnia ewolucję firmy, jej otoczenia, zmienność w czasie celów i strategii firmy, technik zarządzania i organizacji działań w firmie oraz ewolucję schematu danych hurtowni pod wpływem zmiany źródeł jej zasilania. Takich szerokiach możliwości nie ma żadna z obecnie dostępnych i powszechnie stosowanych metody, obejmujących swoim zasięgiem dowolny etap cyklu życia hurtowni. Istniejące bowiem metody dopasowania hurtowni uwzględniają tylko statyczny charakter potrzeb informacyjnych firmy. Wyjątek stanowi wielowersyjny model danych, pozwalający jednak na uwzględnienie tylko tej ewolucji schematu danych, która wynika ze zmienności źródeł zasilania hurtowni.

Zaletą opracowanej metody jest również możliwość automatyzacji oceny chwil i zakresu zmian, w których należy dopasować hurtownię do zmiennych potrzeb firmy. Tej cechy nie ma żadna z metod używanych w pełnym cyklu życia hurtowni. Dzięki metodzie omówionej w pracy można znacznie wydłużyć okres życia hurtowni danych i zwiększyć jej użyteczność w fazie eksploatacji.

LITERATURA WYKORZYSTANA W AUTOREFERACIE

- [1] Andany J., Leonard M., Palisser C.: Management of schema evolution in databases. *In Proc. VLDB '91*, Morgan Kaufmann, 1991, Barcelona, s.161-170
- [2] Bellahsene Z.: View mechanism for schema evolution in object_oriented DBMS. *In Proc. BNCOD '96*, Series: LNCS, Vol. 1094, Springer 1996, Berlin/Heidelberg
- [3] Benatallah B.: A unified framework for supporting dynamic schema evolution in object databases. *In Proc.ER '99*, Seria LNCS, Vol. 1728, Springer 1999, Berlin/Heidelberg
- [4] Bębel B., Eder, J., Koncilia, C., Morzy, T., Wrembel, R.: Creation and Management of Versions in Multiversion Data Warehouse, in: *Proceedings of 2004 ACM Symposium on Applied Computing, Cyprus, 2004*, Association Computing Machinery, New York, 2004, s. 717 - 723
- [5] Bębel B., Królikowski Z., Wrembel R.: Dynamika magazynów danych – analiza problemów i propozycje implementacji, In: *Materiały I Krajowej Konferencji Naukowej Technologii Przetwarzania Danych*, Poznań 2005, s. 403-415.
- [6] Bębel B., Morzy M., Królikowski Z., Wrembel R.: *Konstruowanie hurtowni danych i projektowanie ich schematów logicznych*, rozdział w książce: *Zarządzanie wiedzą w systemach informacyjnych*, ed. W. Abramowicz, A. Nowicki, M. Owoc, Poznań, 2003
- [7] Bębel B., Wrembel R.: Metadata Management in a Multiversion Data Warehouse. *In Proc. of Ontologies, Database, Application of Semantics*, Springer-Verlag, Series: LNCS 3761, Cyprus 2005, s. 1347-1364
- [8] Blaschka M., Sapia C., Hofling G.: On Schema Evolution in Multidimensional Databases. *In Proc. of DaWak '99*, Springer Berlin/Heidelberg 1999, [on line], Dostępny w Internecie: <http://www.springerlink.com/content/L1PXULXB7T1Y28MC/fulltext.pdf>
- [9] Contantine L., Lockwood L.: Software for use: a practical guide to the models and methods of usage-centered design, Reading MA, Addison – Wesley, 1999
- [10] Czejdo B.D., Eder J., Morzy T., Wrembel R.: Design of a Data Warehouse over Object-Oriented and Dynamically Evolving Data Sources. In: *Proceedings. 12th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, DEXA Workshop, 2001*, s.128-132
- [11] Graham I.: *Inżynieria oprogramowania*. WNT, 2004
- [12] Hurtado C.A., Mendelzon A.O., Vaisman A.A. Maintaining Data Cubes under Dimension Updates. *Proceedings of ICDE, Australia, 1999*
- [13] Inmon W. H.: *Building the Data Warehouse, Second Edition*, Wiley & Sons, New York, 2005
- [14] Jarke M., Lenzerini M., Vassiliou Y., Vassiliadis P.: *Hurtownie danych. Podstawy organizacji i funkcjonowania*. Wydawnictwo szkolne i pedagogiczne. Warszawa, 2003
- [15] Konieczny J.: *Inżynieria systemów działania*. WNT, Warszawa, 1983.
- [16] Peterson S.: Stars: *A Pattern Language for Query Optimized Scheme*. <http://c2.com/ppr/stars.html>
- [17] Rizzi S., Song I.Y.: Report on the ACM Sixth International Workshop on Data Warehousing and OLAP (DOLAP 2003), *ACM SIGIR Forum*, Boston, vol. 38, n. 1, s. 57-60, 2004
- [18] Shahzad M.K.: *Version-Manager: For vital simulating advantages in data warehouse*. Computing and information system, University of Paisley, 2007
- [19] Śmiałkowska B.: *Effective methods of temporal data representation in data warehouse systems*. Advance Computer System, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dortrecht/London, 2001, s.221-234.
- [20] Śmiałkowska B.: *Metoda projektowania hurtowni danych dla potrzeb adaptacyjnego wspomagania zarządzania strategią firmy*. Materiały VIII konferencji KWS'2003, Ciechocinek, 2003, s. 127-136
- [21] Śmiałkowska B.: *Obiektowy model wielowersyjnych metadanych w hurtowni danych przedsiębiorstwa*. Materiały I Krajowej Konferencji Naukowej n.t. Technologie przetwarzania danych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2005, s.429-440

- [22] Wrembel R.: *Management of schema and data evaluation in multiversion data warehouse*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Seria:Rozprawy, nr 411, Poznań, 2007
- [23] Wrembel R., Morzy T.: Multiversion Data Warehouses: Challenges and Solutions. *In Proc. of the 3rd IEEE Conference on Computational Cybernetics (ICCC 2005)*, Mauritius, April 2005, s. 139-144.



.....
Bożena Śmiałkowska