

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII INFORMACYJNEJ DLA PROGNOZOWANIA SPRZEDAŻY WĘGLA JAKO ELEMENT SYSTEMU WSPOMAGANIA ZARZĄDZANIA

Marcin MICHNA

Streszczenie: Systemy wspomaganie zarządzania, w szczególności systemy informatyczne klasy ERP, stały się podstawowymi narzędziami organizacji przedsiębiorstwa. Struktura i funkcjonalność tych systemów zapewnia wspomaganie we wszystkich obszarach aktywności przedsiębiorstwa. Jednakże pełne wykorzystanie danych gromadzonych w systemie wspomaganie wymaga doskonalenia jego funkcji, co jest kosztownym przedsięwzięciem. Na przykładzie prognozowania pokazujemy w publikacji zastosowanie narzędzi technologii informacyjnej dla realizacji tego celu, oraz integracja opracowanego rozwiązania z systemem wspomaganie.

Słowa kluczowe: prognozowanie, technologia informacyjna, przedsiębiorstwo, system wspomaganie zarządzania

1. Funkcja prognozowania w systemie wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem

W efekcie intensywnej ewolucji systemy wspomaganie zarządzania posiadają złożoną strukturę. Struktura systemu jest budowana z modułów, które wspomagają wszystkie obszary aktywności przedsiębiorstwa. Każda aktywność w obszarach logistyki, magazynowania, planowania i kontroli produkcji i finansów może być kontrolowana przepływem danych na wejściach i wyjściach odpowiednich modułów wspomaganie. Ta struktura umożliwia systematyczne rozwijanie i aktualizowanie funkcji wspomaganie dodając i modyfikując przepływy danych. Jednakże powoduje to, że nawet dla dużego przedsiębiorstwa, ciągle doskonalenie systemu wspomaganie jest kosztownym przedsięwzięciem.

W tej sytuacji w dalszym ciągu są stosowane narzędzia uzupełniające podstawowe funkcje systemu wspomaganie. Szeroki pakiet narzędzi dostarcza technologia informacyjna. Arkusze kalkulacyjne, edytory tekstu, lokalne bazy danych dają możliwość szybkiej i niedrożej aplikacji funkcji potrzebnych menadżerom w zmieniającym się przedsiębiorstwie.

Zasadniczo prognozowanie popytu (sprzedaży produktów) jest funkcją podstawową dla właściwej realizacji funkcji planowania i kontroli. System wspomaganie w module sprzedaży gromadzi dane umożliwiające prognozowanie popytu. Wyposażony jest też, w module logistyki, w funkcje planowania i kontrolowania zasobów i produkcji. Jednakże prognozowanie i decyzje są pozostawiane menadżerom w przedsiębiorstwie. Uzasadnia to zaproponowanie implementacji metod prognozowania w technologii informacyjnej.

W publikacji, w rozdziale drugim, pokazano zastosowanie arkusza kalkulacyjnego dla implementacji metod wspomaganie na przykładzie danych ze sprzedaży węgla za okres 24 miesiące dla anonimowej kopalni.

We wspomaganiu ważna jest integracja narzędzi informatycznych. Model integracji z systemem wspomagania przedstawiono w rozdziale trzecim. Dla opracowania modelu integracji przyjęto dziedzinowy model systemu wspomagania stanowiący uogólnienie specyfikacji systemów wspomagania klasy ERP (Enterprise Resource Planning).

2. Implementowanie metod prognozowania sprzedaży węgla w technologii informacyjnej

2.1. Potrzeba stosowania metod prognozowania

Należy zaznaczyć, iż obecnie, władze wydziałów kopalni odpowiedzialne za sprzedaż węgla sugerują się często metodami ugruntowanymi przez lata funkcjonowania przedsiębiorstwa. Są to jednak sposoby mało precyzyjne, które nie reagują na zmiany w koniunkturze relacji popyt-podaż asortymentu węgla. Dodatkowo, obecnie stosowane wyliczenia prognostyczne sprzedaży węgla (również i innych produktów) nie obejmują tzw. nurtu sezonowości sprzedaży.

W przypadku zakładów produkcyjnych, jakimi są kopalnie węgla kamiennego, to właśnie sezonowość jego zużycia stanowi istotny czynnik optymalnego wyznaczenia ilości węgla, który należy wydobyć, a w konsekwencji – sprzedać. Koniecznością w takich przypadkach są komputerowe metody prognozowania i symulacji sprzedaży produkowanego asortymentu, które:

- stanowią dokładne metody matematyczne wyznaczenia poziomu sprzedaży,
- uwzględniają nurt sezonowości (wahania sezonowe),
- są elastyczne na szybkie zmiany rynkowe relacji popyt – podaź,
- stanowią metody wspomagające optymalne wyznaczenie rozmiarów produkcji,
- pozwalają na szybkie dostosowanie się do nieprzewidywalnych czynników, np. warunków pogodowych,
- pozwalają na dokładne zaplanowanie i określenie polityki kadrowej, poprzez dokładną liczbę osób zaangażowanych w produkcję,
- umożliwiają sterowanie personelem i wspomagają decyzje zmian personalnych (rotacje stanowiskowe), a tym samym wpływają na ograniczenie konieczności redukcji załogi.

Wymienione korzyści stosowania metod prognozowania i symulacji stanowią więc nie tylko element czysto ekonomiczny, ale również w sposób pośredni element wpływający na lepsze zarządzanie personelem pracowniczym, zwłaszcza bezpośrednio produkcyjnego personelu.

W publikacji zostaną przedstawione metody prognozowania, które można łatwo implementować w narzędziach technologii informacyjnej np.: Excel. Dane do prognozowania są dostępne w systemie wspomagania zarządzania, w module obsługującym sprzedaż. Jednakże implementowanie dodatkowych, nawet prostych metod przetwarzania danych w takich systemach jest kosztowne. Atutem narzędzi technologii informacyjnej jest niski koszt implementowania obliczeń, nawet dla dużych zbiorów danych, oraz funkcje komunikacji z bazami danych będących podstawą systemów wspomagania zarządzania.

W tym kontekście przedstawiamy implementacje dwóch metod prognozowania w Excelu:

- średnia ruchoma,
- wygładzanie wykładnicze.

Dla implementacji metod prognozowania wykorzystano informacje o sprzedaży węgla za lata 2009 do 2010 (24 miesiące) udostępnione przez anonimową kopalnię węgla kamiennego.

2.2. Szeregi czasowe

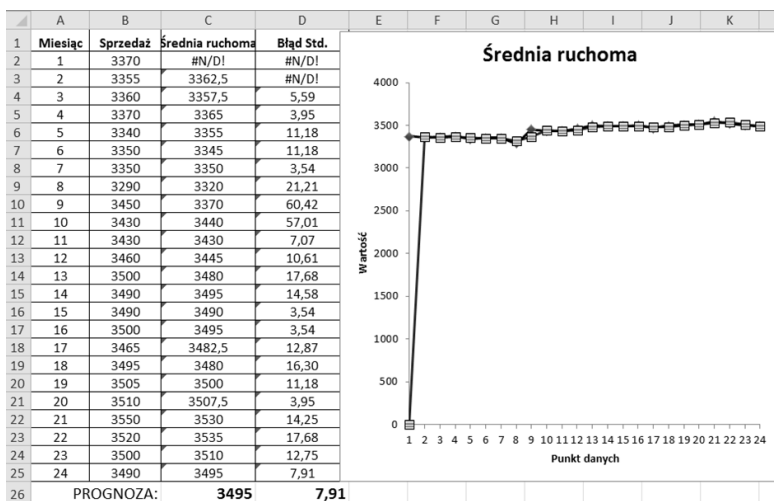
Strukturę większości szeregów czasowych można opisać przy pomocy dwóch podstawowych klas składników: trendu i sezonowości. Pierwsza reprezentuje ogólny składnik liniowy lub częściej składnik nieliniowy, który reprezentuje kierunek rozwoju zjawiska i nie powtarza się lub przynajmniej nie powtarza się na odcinku czasu, z którego pochodzą dane (np. okres stabilizacji, po którym następuje wzrost). Druga ma podobną naturę (np. okres stabilizacji, po którym następuje wzrost wykładniczy), jednak powtarza się w systematycznych odcinkach czasu. Te dwie klasy składników szeregu czasowego mogą współwystępować w danych rzeczywistych. Tego typu sezonowość nazywana jest sezonowością multiplikatywną. Względna amplituda zmian sezonowych jest tu stała w czasie, to znaczy, że wahania sezonowe są proporcjonalne do trendu [2]. Jeśli szereg czasowy zawiera istotny składnik losowy, to pierwszym etapem procesu identyfikacji trendu jest wygładzanie. Jest to lokalne uśrednianie danych aby niesystematyczne składniki poszczególnych obserwacji znoszą się nawzajem [2,3].

Najbardziej powszechną techniką jest wygładzanie przy pomocy średniej ruchomej, które polega na zastąpieniu każdego elementu szeregu przez zwykłą lub ważoną średnią sąsiadujących wartości. Zamiast średnich można użyć median. Podstawowa zaleta wygładzania przy pomocy mediany, w porównaniu ze średnią ruchomą, polega na tym, że wyniki są mniej obciążone przez obserwacje odstające [3]. Zatem jeśli w danych występują obserwacje odstające (np. wynikające z błędów pomiaru), wygładzanie przy użyciu mediany daje zwykle gładzsze albo przynajmniej bardziej „rzetelne” krzywe niż średnia ruchoma. Główna wada wygładzania przy użyciu mediany polega na tym, że przy braku wyraźnych obserwacji odstających można otrzymać krzywe bardziej „poszarpane” niż przy średniej ruchomej. Wszystkie te metody pozwolą odfiltrować szum i przekształcić dane w gładką krzywą, która jest nieobciążona obserwacjami odstającymi, co pozwala w miarę dokładnie prognozować dane na najbliższy horyzont czasowy (dzień, tydzień, miesiąc, rok, itd.).

2.3. Metoda średniej ruchomej

W metodzie średniej ruchomej pojawia się stała wygładzania k , oznaczająca liczbę okresów, z których bierze się obserwacje do uśrednienia. Im większa stała k , tym mocniejszy efekt wygładzania i tym słabszy wpływ efektów przypadkowych. Średnią ruchomą, zastosowaną do szeregu czasowego można określić jako filtr eliminujący z szeregu wahania krótkookresowe. W efekcie, w obrębie próby uwypuklone zostają wahania o długim okresie, zwłaszcza tendencja wzrostowa (o ile istnieje). Z charakteru tego modelu wynika, że najlepiej nadaje się on do wygładzania szeregów czasowych pozbawionych efektów sezonowych i cyklicznych chyba, że podejmuje się próbę ich wyeliminowania. W implementacji metody wykorzystano model średniej ruchomej prostej, który jest dostępna w pakiecie Analiza Danych w arkuszu Excel. Średnia ruchoma w tym modelu jest obliczana jako średnia z k obserwacji: bieżącej i $k-1$ poprzednich i jest przypisywana k -tej obserwacji.

Na rys 1 pokazano implementację metody dla danych o sprzedaży węgla za 24 miesiące (kolumna B).



Rys. 1. Diagram funkcji średnia ruchoma oraz jej wartości liczbowe dla danych o sprzedaży węgla z błędami prognozy

Stosując odstęp „k” równy 3 w średniej ruchomej oraz zwiększając tą wartość do 3 oraz do 4 uzyskano różne wartości prognozy, co przedstawiono na rysunku 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Miesiąc	Sprzedaż	Średnia ruchoma	Błąd Std.		Miesiąc	Sprzedaż	Średnia ruchoma	Błąd Std.
2	1	3370	#N/D!	#N/D!		1	3370	#N/D!	#N/D!
3	2	3355	#N/D!	#N/D!		2	3355	#N/D!	#N/D!
4	3	3360	3361,67	#N/D!		3	3360	#N/D!	#N/D!
5	4	3370	3361,67	#N/D!		4	3370	3363,75	#N/D!
6	5	3340	3356,67	10,80		5	3340	3356,25	#N/D!
7	6	3350	3353,33	10,93		6	3350	3355	#N/D!
8	7	3350	3346,67	10,00		7	3350	3352,5	9,14
9	8	3290	3330,00	23,25		8	3290	3332,5	22,92
10	9	3450	3363,33	55,14		9	3450	3360	49,84
11	10	3430	3390,00	59,75		10	3430	3380	55,71
12	11	3430	3436,67	55,24		11	3430	3400	57,68
13	12	3460	3440,00	26,11		12	3460	3442,5	54,33
14	13	3500	3463,33	24,42		13	3500	3455	37,85
15	14	3490	3483,33	24,42		14	3490	3470	30,13
16	15	3490	3493,33	21,60		15	3490	3485	26,25
17	16	3500	3493,33	5,77		16	3500	3495	24,87
18	17	3465	3485,00	12,32		17	3465	3486,25	15,01
19	18	3495	3486,67	13,09		18	3495	3487,5	11,81
20	19	3505	3488,33	15,78		19	3505	3491,25	13,43
21	20	3510	3503,33	11,43		20	3510	3493,75	15,50
22	21	3550	3521,67	19,36		21	3550	3515	20,82
23	22	3520	3526,67	17,24		22	3520	3521,25	20,49
24	23	3500	3523,33	21,54		23	3500	3520	21,74
25	24	3490	3503,33	15,99		24	3490	3515	23,73
26	PROGNOZA:		3503,33	15,99		PROGNOZA:		3515	23,73
27			OKRES = 3					OKRES = 4	

Rys. 2. Prognoza sprzedaży przy pomocy funkcji ŚREDNIA.RUCHOMA dla okresów zmienności 3 i 4

Na podstawie wyników przedstawionych na rysunkach 1 i 2, wartość prognozy nieznacznie rośnie, ale również rośnie błąd prognozy. Na tej podstawie można stwierdzić, że:

- dla $k=2$ – prognoza sprzedaży węgla na 25 miesięcy wynosi 3495 tys. ton (Mg) przy błędzie prognozy równym 7,91 tys. ton (Mg),
- dla $k=3$ – prognoza sprzedaży węgla na 25 miesięcy wynosi 3503,33 tys. ton (Mg) przy błędzie prognozy równym 15,99 tys. ton (Mg),
- dla $k=4$ – prognoza sprzedaży węgla na 25 miesięcy wynosi 3515 tys. ton (Mg) przy błędzie prognozy równym 23,73 tys. ton (Mg),

Pozwala to stwierdzić, że najbardziej trafną prognozą jest ta, dla której zastosowano odstęp równy 2.

2.4. Metoda wygładzania wykładniczego

Prognoza średniej ruchomej wykorzystuje określoną liczbę wartości empirycznych. W przypadku szeregu czasowego z wahaniami sezonowymi liczba wartości do obliczenia średniej ruchomej wynika zazwyczaj z długości cyklu. W wygładzaniu wykładniczym szeregu czasowego (zamiast skończonej liczby wartości) bierze się pod uwagę (przynajmniej teoretycznie) wszystkie wartości szeregu. Najczęściej stosuje się prostą formułę rekurencyjną:

$$\text{prognoza}_{t+1} = \text{alfa} * \text{wartość_bieżąca} + (1 - \text{alfa}) * \text{prognoza}_t$$

alfa to tzw. stała wygładzania (parametr wagowy) – (liczba z przedziału od 0 do 1).

Najlepsza byłaby taka wartość *alfa*, która minimalizowałaby różnice pomiędzy wartościami rzeczywistymi a prognozowanymi. Te różnice nazywa się odchyleniami, błędami lub błędami predykcji. W publikacjach definiuje się wiele miar tych błędów (np. bezwzględne odchylenia średniej, kwadratowe błędy średnie, bezwzględny błąd procentowy średniej itd.).

Typowymi miarami błędów, które można zastosować dla oceny wygładzania wykładniczego są:

- **RMSE** (Root-Mean Square Error) - pierwiastek kwadratowy ze średniego błędu kwadratowego,
- **MAE** (Mean Absolute Error) - średni błąd absolutny.

Istotą definicji RMSE jest uwypuklenie małych zmian względem wartości modelowanego szeregu czasowego. Definicja MAE odzwierciedla narastanie odchylenia w miarę wydłużanie szeregu. Połączenie tych definicji, przez sumowanie, pozwala implementować algorytm optymalizacji współczynnika *alfa*. Dzięki czemu minimalizowany jest błąd prognozy (za 25 miesięcy).

Dla optymalizacji współczynnika *alfa* implementacja wygładzania wykładniczego oraz błędów RMSE i MAE, dana formułami Excela, przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Miesiąc	Sprzedaż	Wyglądanie	Błąd bezwzględny	
1	3370	3357,5	12,5	
2	3355	3367,315	12,3152	
3	3360	3357,645	2,354894	<i>alfa</i> = 0,785216
4	3370	3359,494	10,50579	RMSE = 38,02395
5	3340	3367,744	27,74353	MAE= 23,33307
6	3350	3345,959	4,04114	suma= 61,35701
7	3350	3349,132	0,867971	
8	3290	3349,814	59,81357	
9	3450	3302,847	147,153	
10	3430	3418,394	11,60609	
11	3430	3427,507	2,492799	
12	3460	3429,465	30,53541	
13	3500	3453,441	46,55851	
14	3490	3490	1,5E-05	
15	3490	3490	3,21E-06	
16	3500	3490	10	
17	3465	3497,852	32,85216	
18	3495	3472,056	22,94389	
19	3505	3490,072	14,92798	
20	3510	3501,794	8,206288	
21	3550	3508,237	41,76258	
22	3520	3541,03	21,03007	
23	3500	3524,517	24,51692	
24	3490	3505,266	15,26584	
25	Prognoza:	3493,279		

Rys. 3. Prognoza wartości sprzedaży węgla metodą wykładniczego

Tab. 1. Implementacja wykładniczego w dwóch pierwszych wierszach arkusza kalkulacyjnego (drugi wiersz kopiowany do pozostałych)

A	B	C	D
Miesiąc	Sprzedaż	Wyglądanie	Błąd bezwzględny.
1	3370	=ŚREDNIA(B2:B7)	=MODUŁ.LICZBY(B2-C2)
2	3355	=F\$4*B2+(1-F\$4)*C2	=MODUŁ.LICZBY(B3-C3)

Tab. 2. formuły RMSE i MAE dla danych w wierszach 2 do 25 i kolumnach B,C,D

wiersz	E	F
4	alfa =	0,7852
5	RMSE =	=Pierwiastek(Suma.XmY.2(B2:B25;C2:C25)/Ile.Liczb(D2:D25))
6	MAE=	=ŚREDNIA(D2:D25)
7	suma=	=F5+F6

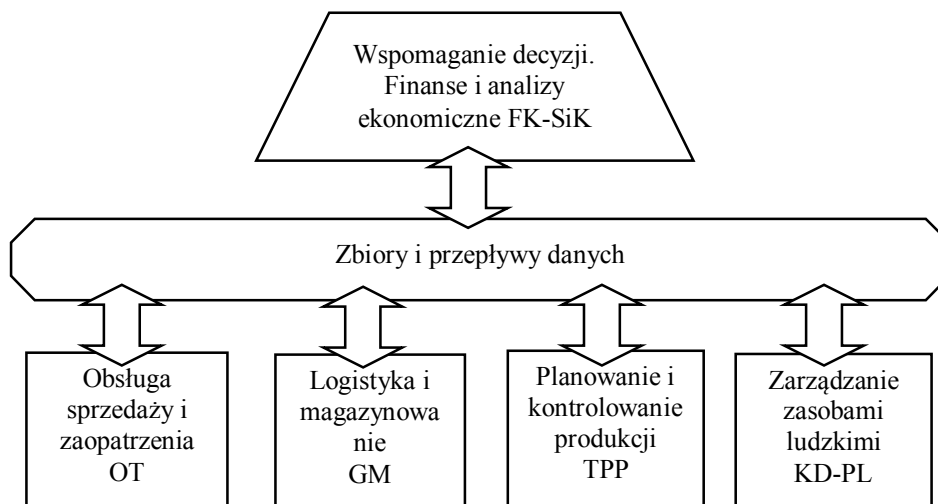
Używając funkcję Solver, współczynnik wygładzania alfa jest optymalizowany przy założeniu, że suma błędów RMSE i MAE osiągnie wartość minimalną.

Na rysunku 3 pokazano implementację wygładzania wykładniczego i prognozę na 25 miesięcy dla optymalnego alfa dla danego szeregu czasowego, sprzedaży węgla za 24 miesiące. Dla prognozy nie określamy wartości błędu bezwzględnego. Miarą jakości prognozy jest wartość sumy RMSE i MAE. W tym przypadku ta wartość jest relatywnie mała, co pozwala uznać prognozę jako czynnik kształtujący zarządzanie kopalnią węgla kamiennego.

3. Model integracji modułu prognozowania z dziedzinowym systemem wspomagania

3.1. Struktura systemu wspomagania

System wspomagania przez swoje funkcje i zbiory danych wspomaga wszystkie obszary działalności przedsiębiorstwa. Na podstawie publikowanej standaryzacji ERP [4] są wytwarzane systemy wspomagania, które uwzględniają wielkość, strukturę organizacyjną oraz działalność przedsiębiorstwa. Ramową strukturę systemu wspomagania, obejmującą moduły odpowiadające podstawowym obszarom działalności przedsiębiorstwa, przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Ramowa struktura systemu wspomagania

Moduły podstawowe (OT, GM, TPP, KD-PL) są powiązane z procesami produkcyjnymi oraz wejściem i wyjściem przedsiębiorstwa. Działania zachodzące w poszczególnych obszarach aktywności przedsiębiorstwa są planowane i kontrolowane za pomocą przepływów informacji na wejściach i wyjściach poszczególnych modułów. Charakterystykę obszarów aktywności przedsiębiorstwa przedstawia tabela 3.

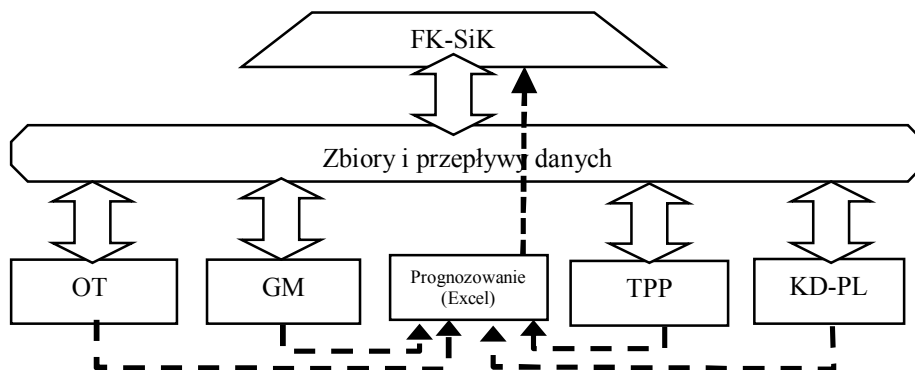
Tab. 3. Charakterystyka obszarów wspomaganie

Obsługa sprzedaży i zaopatrzenia	OT	- informowanie potencjalnych klientów o ofercie - przyjmowanie i potwierdzanie zamówień od klientów - zamawianie surowców i półfabrykatów - analiza i prognoza sprzedaży dla planowania finansów
Logistyka i magazynowanie	GM	- rejestrowanie i bilansowanie przychodów i rozchodów magazynowych - obliczanie potrzeb materiałowych na podstawie stanów magazynowych - zamawianie i realizacja transportu towarów
Planowanie i kontrolowanie produkcji	TPP	- planowanie produkcji na podstawie zamówień od klientów, - planowanie potrzebnych zasobów materiałowych i pracy - kontrolowanie realizacji harmonogramów produkcji
Zarządzanie zasobami ludzkimi	KD-PL	- zakładanie i aktualizacja kartotek kadrowych - planowanie i kontrolowanie przepływu kadry - obliczenia płac i rozliczenia podatkowo-socjalne
Wspomaganie decyzji. Finanse i analizy ekonomiczne	FK-SiK	- obsługa księgi głównej - terminowe planowanie i kontrolowanie przepływów finansowych - obliczenia podatków i obciążeń finansowych - prognoza i długoterminowe planowanie finansów - obliczenia i analizy wskaźników ekonomicznych

Na podstawie przedstawionej charakterystyki można stwierdzić, że dla systemu wspomaganie kluczowe jest prognozowanie sprzedaży w module OT, oraz prognozowanie finansów w module FK-SiK. Moduł FK-SiK jest nadrzędny w systemie wspomaganie. Pozostałe moduły dostarczają danych dla modułu FK-SiK. Tak samo prognoza sprzedaży jest przekazywana do modułu FK-SiK. Natomiast dla prognozy finansów możemy wykorzystać dane zgromadzone w module GM – zapas magazynowy, TPP – koszty produkcji, KD-PL – koszty pracy.

3.2. Integracja modułu prognozowania z systemem wspomaganie

Na podstawie charakterystyki systemu dziedzinowego, przedstawionej w rozdziale 3.1 model integracji przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Model integracji modułu prognozowania z systemem dziedziny

4. Wnioski

Systemy informatyczne klasy ERP są aktualnie nieodzowne we wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwami. Struktura i funkcjonalność zapewnia wspomaganie we wszystkich obszarach aktywności. Ważną metodą doskonalenia zarządzania jest stosowanie prognozowania w planowaniu działalności przedsiębiorstwa. Narzędzia technologii informacyjnej, takie jak arkusz kalkulacyjny, umożliwiają wdrożenie wybranej metody prognozowania wykorzystując dane zawarte w modułach systemu informatycznego.

W rozdziale drugim przedstawiono implementację typowych metod prognozowania w arkuszu kalkulacyjnym. W rozdziale trzecim przedstawiono implementowanie tego rozwiązania w strukturze systemu wspomaganie (rysunek 5).

Aktualne technologie projektowania systemów informatycznych ERP umożliwiają realizację tej potrzeby w technologii informatycznej, właściwej dla danego systemu. Jednakże, zastosowanie arkusza kalkulacyjnego daje elastyczne rozwiązanie. Umożliwia menadżerom przedsiębiorstwa dobór metody prognozowania przy niższych nakładach na narzędzia informatyczne.

Literatura

1. Dittman P.: Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie. Wyd. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004.
2. Szyszał J., Błacha L.: Wspomaganie decyzji optymalnych w metalurgii i inżynierii materiałowej. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
3. Maliński M., Szyszał J.: Współczesna statystyka matematyczna w medycynie w arkuszach kalkulacyjnych. Wyd. Śląskiej Akademii Medycznej, Katowice 1999.
4. Landvater D.V., Ch.D. Gray: MRP II Standard System. Addison-Wesley Publishing Company, 1998.

Mgr inż. Marcin Michna
 APOGEUM Marcin Michna
 44-240 ŻORY, oś. Korfantego 4a/14
 tel./fax: +48 518-424-324
 e-mail: mmichna@gmail.com, biuro.apogeum@gmail.com