

Radosław Śliwka¹
Akademia Ekonomiczna w Poznaniu

Integracja procesów planowania produkcji i zarządzania zapasami – cz. 2 Narzędzie

W pierwszej części artykułu² opisano problem integracji procesów planowania produkcji w fabryce i zarządzania zapasami w centrum dystrybucji (DC), składającym wyprodukowane wyroby. Przedstawiono w niej również przykład rozwiązania tego problemu przez wprowadzenie określonej polityki zarządzania zapasami i składania zamówień oraz procedur planowania produkcji. Rozwiązanie to zapewniało integrację procesów zachodzących w obu firmach w ramach jednego systemu logistycznego. W drugiej części artykułu przedstawiono narzędzie komputerowe, umożliwiające planowanie produkcji z uwzględnieniem dostępności w DC zapasów na poziomie zapewniającym realizację zamówień sprzedaży z założonym poziomem obsługi klienta, przy jednoczesnym dążeniu maksymalnego wykorzystania mocy produkcyjnych.

Po zakończeniu pierwszego etapu projektu integracji procesów planowania produkcji i zarządzania zapasami, jakim było przekształcenie istniejących do tej pory dwóch podsystemów w jeden spójny system logistyczny, konieczne było opracowanie narzędzia umożliwiającego zdalną współpracę planisty produkcji i planisty z DC, zgodnie z przyjętymi zasadami i procedurami. Postanowiono, że zbudowany zostanie model matematyczny problemu, w oparciu o który każdorazowo układany będzie harmonogram produkcji. Problem ten zamodelowany został za pomocą metody przydziału [1], [2]. Jako kryterium optymalizacji przyjęto minimalny czas produkcji. Wymagany poziom zapasu w DC stanowił natomiast warunki ograniczające. Próby optymalizacji, przeprowadzane przy pomocy rozbudowanego dodatku MS Solver dla MS Excel, do-

wiodły jednak, że konieczne byłoby zastosowanie podejścia wielokryterialnego [3]. Okazało się również, że z uwagi na dużą liczbę maszyn i szerokie portfolio produktów zaproponowane narzędzie było nieefektywne. Podjęto decyzję, że planowanie produkcji odbywać się będzie przy pomocy narzędzia przedstawiającego prognozowane stany magazynowe poszczególnych produktów w funkcji przyjętego harmonogramu pracy maszyn. Mimo, że podejście takie nie zapewniało tworzenia harmonogramu optymalnego ze względu na kryterium najkrótszego czasu produkcji, to umożliwiało otrzymanie rozwiązania stanowiącego kompromis pomiędzy celami fabryki i DC. Z uwagi na duży stopień złożoności problemu oraz nieakceptowanie wysokich kosztów przystosowania posiadanego systemu ERP, narzędzie miało zostać stworzone w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel.

Prace nad budową narzędzia rozpoczęto od zebrania wszystkich danych niezbędnych do planowania. W tym celu zbudowana została baza danych programu MS Access, pobierająca niezbędne informacje wprost z systemu ERP. Dane eksportowane były do pliku MS Excel, stanowiącego źródło informacji do planowania. W arkuszu tym gromadzone były dane statyczne i dynamiczne. Do pierwszej grupy zaliczano: średnią tygodniową sprzedaż, ilość produktów na palecie, informację o kategorii w klasyfikacji ABC oraz poziomie ROP i SS³. Dane dynamiczne stanowiły: aktualne stany magazynowe w DC i magazynie przyprodukcyjnym, zarejestrowane zamówienia sprzedaży z DC oraz zapotrzebowanie generowane przez system ERP.

W oparciu o zgromadzone w ten sposób dane oraz zasady planowania produkcji, omówione w pierwszej części artykułu, stworzone zostało narzędzie umożliwiające prognozowanie stanów magazynowych w funkcji harmonogramu produkcji. Narzędzie to było arkuszem programu MS Excel składającym się następujących zakładek:

- Planowanie – zakładka, w której dokonywane było planowanie produkcji
- Prognozowany stan – zakładka, w której przedstawione były prognozowane stany magazynowe w DC w oparciu o przyjęty plan produkcji
- Przebrożenia – zakładki (osobna dla każdej z maszyn), w których przechowywane były dane dotyczące czasów przebrożeń.

Należy przypomnieć, że pierwsze planowanie na rozpatrywany tydzień miało miejsce w piątek tygodnia poprzedzającego (tabela 1⁴). Należy również dodać, że planowanie realizowane było przez planistę z DC oraz planistę produkcji z fabryki, którzy mieli możliwość korzystania z tego samego pliku za pośrednictwem dysku sieciowego.

Zakładka „Planowanie”, służąca do układania harmonogramu produkcji, przedstawiona została na rysunku 2. W górnej części zakładki umieszczono zestawienie wydajności każdej z maszyn, dla każdego z produktów. Dane te są źródłem informacji, wskazującym, do jakiej maszyny przypisać produkcję danego wyrobu, aby osiągnąć maksymalną wydajność. Pod tabelą umieszczone zostały wykresy przedstawiające, za pomocą poziomych słupków, czasy produkcji kolej-

¹ Radosław Śliwka – Katedra Logistyki Międzynarodowej, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu (przyp. red.).

² Część I artykułu została opublikowana w „Logistyce” nr 4/2008 (przyp. red.).

³ Sposób wyznaczenia parametrów opisany został w pierwszej części artykułu („Logistyka” nr 4/2008).

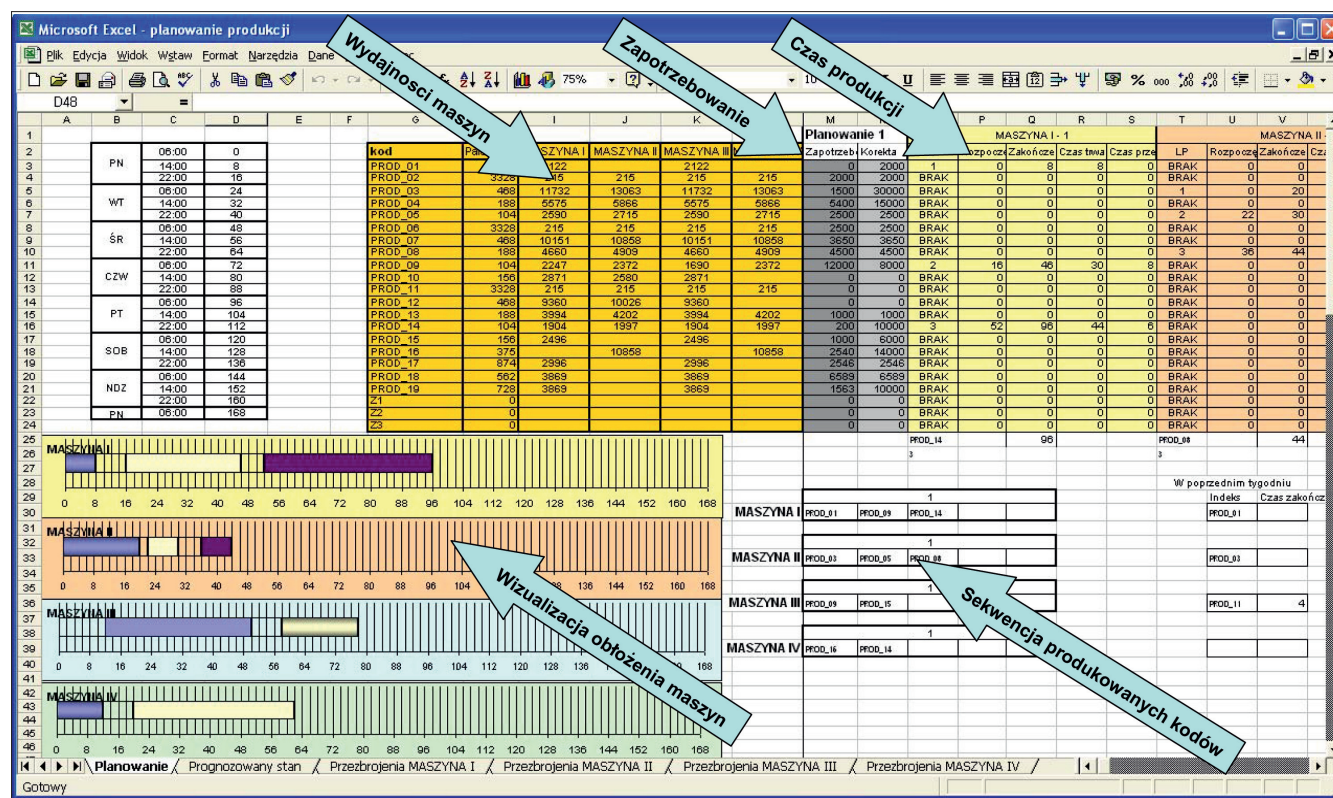
⁴ Tabela 1 – patrz „Logistyka” nr 4/2008. Tabele i rysunki w cz. 2 mają kontynuację numeracji z cz. 1 (przyp. red.).

nych wyrobów oraz czasu przebrojeń dla każdej z maszyn. Wykresy te aktualizowane są automatycznie, po wprowadzeniu jakichkolwiek zmian w harmonogramie i dają planistom czytelną informację o obciążeniu maszyn w czasie.

gą ją jednak uzupełniać ustalonymi przez siebie wartościami. Mogą one być na przykład ustalane tak, by stanowiły krotność wydajności maszyny na zmianę lub dobę. W dalszej kolejności planiści ustalają, na jakiej maszynie ma odbywać się produkcja oraz w ja-

maszynie, na której realizowana jest produkcja. Automatycznie aktualizowane są również wykresy wizualizujące obciążenie maszyn w czasie.

Wpływ decyzji związanych z harmonogramem produkcji na stany magazy-



Rys. 2. Fragment arkusza służącego do planowania produkcji.

Pozostała część arkusza (rozpoczynająca się od kolumny M) podzielona jest na sekcje odpowiadające kolejnym planowaniom (tabela 1). W każdej z sekcji znajdują się informacje dotyczące zapotrzebowań wygenerowanych przez system ERP, sekwencji produkcji na każdej z maszyn oraz czasów rozpoczęcia i zakończenia produkcji na danej maszynie. Planowanie odbywa się w następujący sposób. Po otwarciu pliku automatycznie pobierane są dane dotyczące zapotrzebowań na dany dzień. Planiści przesuwają prawą część arkusza do początku sekcji odpowiadającej planowaniu na dany dzień⁵. W kolumnę sąsiadującą z zapotrzebowaniami wpisują ilości danego kodu, które mają zostać w rzeczywistości wyprodukowane. Kolumna ta jest domyślnie uzupełniona wartościami zapotrzebowań. W procesie tworzenia harmonogramu planiści mo-

kiej sekwencji kodów. Informacja ta wprowadzana jest do tabeli poniżej. Biorąc pod uwagę wydajności maszyn oraz czasy ich przebrojeń, planiści wpisują w wiersz tabeli, odpowiadający danej maszynie, sekwencję kodów produktów, które mają zostać wyprodukowane. W oparciu o te informacje oraz wprowadzone wcześniej ilości, arkusz automatycznie oblicza czas rozpoczęcia i zakończenia produkcji danego wyrobu na danej maszynie. Ponadto, dla każdej z maszyn wyznaczane są również czasy przebrojeń związane z przyjętym harmonogramem produkcji. Arkusz w sposób automatyczny sprawdza, jaki wyrób produkowany był przed rozpatrywanym wyrobem i z odpowiedniej zakładki pobiera czas przebrojenia pomiędzy tymi wyrobami. Należy dodać, że czasy przebrojeń są różne dla różnych produktów i różnią się w zależności od

nowe w DC przedstawiony jest w zakładce „Prognozowany stan”, której fragment przedstawia rysunek 3.

W pierwszych kolumnach tabeli, znajdującej się w tej zakładce, zestawione są dane dotyczące średniej sprzedaży, ROP, zapasu w magazynie przyprodukcyjnym oraz klasy, do której przypisano produkt. Dane te aktualizowane są automatycznie po otwarciu pliku. W tabeli znajduje się również informacja o wartości tak zwanego współczynnika pokrycia, stanowiącego stosunek zapasu danego produktu w DC do średniej tygodniowej sprzedaży. Współczynnik ten wskazuje planiście, na ile tygodni średniej sprzedaży wystarczy zapas produktu

W dalszej części tabeli przedstawione są stany magazynowe w DC. Stany te mogą być wartościami rzeczywistymi

⁵ Lewa część arkusza jest stała. Prawa część, rozpoczynająca się od kolumny M, jest przesuwana za pomocą paska przewijania.

lub prognozami w zależności od dnia, w którym ma miejsce planowanie. Po otwarciu pliku następuje automatyczna aktualizacja stanów na dany dzień oraz obliczenie prognoz na kolejne dni. Oznacza to, że na przykład we wtorek planowanego tygodnia wyświetlone zostaną rzeczywiste stany magazynowe na wtorek i poprzedzający go dzień oraz prognozowane stany na środę i kolejne dni. Prognozowane stany obliczane są w funkcji decyzji planistycznych podjętych na kolejne dni. Tabela ze stanami magazynowymi w DC uzupełniana jest według algorytmu przedstawionego na rysunku 4. Prognoza na dni kolejne po bieżącym, obliczana jest w oparciu o następujące dane:

- planowany spływ wyrobów z produkcji będący wynikiem przyjętego harmonogramu
- rzeczywisty bądź prognozowany stan magazynowy w DC na poprzedni dzień
- średnia dzienna sprzedaż
- zarejestrowane w systemie zamówienia zakupu z DC.

Znajdująca się w tabeli formuła w pierwszej kolejności sprawdza, czy w pliku z danymi dostępna jest informacja na temat stanu magazynowego

produktów w DC. Informacja taka jest dostępna wyłącznie dla dnia, w którym planowana jest produkcja, lub dni poprzednich. W tym przypadku tabela wypełniana jest rzeczywistymi stanami magazynowymi. W przeciwnym razie zakłada się, że rozpatrywany dzień jest późniejszy od bieżącego i konieczne jest obliczenie stanu prognozowanego. Istnieją wówczas dwa możliwe sposoby obliczenia prognozy. Formuła, według której obliczana jest prognoza zależna od różnicy średniej dziennej sprzedaży i sumy zamówień sprzedaży z DC, zarejestrowanych w systemie na dany dzień.

Jeżeli suma zamówień sprzedaży na dany dzień jest większa od średniej dziennej sprzedaży danego produktu, to prognozowany stan obliczany jest jako suma rzeczywistego lub prognozowanego stanu na dzień poprzedni, powiększonego o planowany spływ z produkcji i pomniejszonego o ilości zawarte w zamówieniach sprzedaży. Jeżeli suma zamówień sprzedaży na dany dzień jest mniejsza od średniej dziennej sprzedaży danego produktu, to prognozowany stan jest obliczany jako suma rzeczywistego lub prognozowanego stanu na dzień poprzedni, powięk-

szego o planowany spływ z produkcji i pomniejszonego o średnią dzienną sprzedaż.

Wykorzystanie w formule rzeczywistego lub prognozowanego stanu jest uzależnione od dnia, na jaki obliczana jest prognoza. Jeżeli wartość prognozy wyznaczana jest na dzień następujący po dniu, w którym odbywa się planowanie, to w formule brany jest pod uwagę rzeczywisty stan magazynowy na dzień, w którym ma miejsce planowanie. W przypadku kolejnych dni, jako dane do obliczeń przyjmowane są prognozy na dzień poprzedni.

Wartości prognoz przeliczane są każdorazowo po wprowadzeniu zmian w planie produkcji. Pozwala to planistom na rozpatrywanie wielu scenariuszy planu produkcji i prognozowanych stanów magazynowych, będących ich konsekwencją. Dzięki temu mogą oni wprowadzać zmiany w harmonogramie aż do momentu uzyskania ostatecznej wersji, korzystnej z punktu widzenia fabryki i magazynu. Stosunkowo długi horyzont prognoz i krótki czas realizacji zamówień pozwala planistom na sprawdzenie, jakie konsekwencje w tygodniu kolejnym po planowanym będą

kod	Średnia	Zapas bezpieczeństwa	Stan w magazynie przy produkcji	Klasa	Wsp. pokrycia	Piątek	Sobota	Niedziela	Prognozowany stan w DC							Wydanie					
									PN	WT	SR	CZW	PT	SOB	NDZ	PN	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota
PROD_01	198	913	0	C	0,24	48	8	8	8	2 091	2 051	2 012	1 972	1 932	1 932	1 932	1 893	1 853	1 814	1 774	1 734
PROD_02	1 934	8 416	2 192	C	1,81	3 500	3 113	3 113	3 113	2 726	2 340	1 953	1 566	1 179	1 179	1 179	792	406	19	368	756
PROD_03	30 709	79 794	30 792	B	0,49	15 050	8 908	8 908	8 908	35 424	29 282	23 140	16 999	10 857	10 857	10 857	4 715	-1 427	-7 569	-13 711	-19 852
PROD_04	18 827	28 119	10 746	A	0,88	16 547	12 782	12 782	12 782	9 016	5 251	1 485	-2 280	-6 045	-6 045	-6 045	9 811	13 576	17 342	21 107	24 872
PROD_05	25 379	37 953	7 700	A	1,13	28 766	23 690	23 690	23 690	19 293	16 254	11 178	6 102	1 026	1 026	1 026	-4 050	-9 125	-14 201	-19 277	-24 353
PROD_06	7 259	32 048	22 312	C	0,80	5 907	4 355	4 355	4 355	2 903	1 452	0	-1 452	-2 904	-2 904	-2 904	4 356	5 807	7 259	8 711	10 163
PROD_07	9 653	37 635	9 000	B	2,35	22 698	20 767	20 767	20 767	18 837	16 906	14 976	13 045	11 114	11 114	11 114	9 184	7 253	5 323	3 392	1 461
PROD_08	21 896	35 868	80	A	0,46	10 086	5 707	5 707	5 707	1 328	1 857	-2 522	-6 901	-11 280	-11 280	-11 280	15 659	20 039	24 418	28 797	33 176
PROD_09	33 181	45 434	184	A	0,37	12 333	5 697	5 697	5 697	3 843	4 856	2 242	-4 394	-11 030	-11 030	-11 030	17 667	24 301	30 939	37 575	44 211
PROD_10	3 843	9 747	8 568	B	1,27	4 893	4 124	4 124	4 124	3 356	2 587	1 819	1 050	281	281	281	487	1 256	-2 024	-2 793	-3 562
PROD_11	519	2 384	15 988	C	6,17	3 200	3 096	3 096	3 096	2 992	2 889	2 785	2 681	2 577	2 577	2 577	2 473	2 370	2 266	2 162	2 058
PROD_12	6 036	25 563	35 388	C	1,37	8 256	7 049	7 049	7 049	5 842	4 634	3 427	2 220	1 013	1 013	1 013	194	-1 402	-2 609	-3 816	-5 023
PROD_13	6 106	15 524	12 918	B	0,96	5 863	4 642	4 642	4 642	3 421	2 199	978	-243	-1 464	-1 464	-1 464	2 685	-3 907	-5 128	-6 348	-7 578
PROD_14	9 845	14 935	11 140	A	0,79	7 809	5 840	5 840	5 840	4 870	8 892	15 177	18 920	16 951	16 951	16 951	14 982	13 013	11 044	9 075	7 106
PROD_15	7 877	19 459	0	B	0,58	4 567	2 992	2 992	2 992	1 416	-159	2 633	2 930	1 355	1 355	1 355	-221	1 796	-3 372	-4 947	-6 522
PROD_16	21 966	54 252	11 892	B	0,38	8 417	4 024	4 024	4 024	15 918	11 524	7 131	2 738	1 655	1 655	1 655	-6 048	-10 442	-14 835	-19 228	-23 621
PROD_17	6 087	25 512	23 520	C	0,65	3 965	2 748	2 748	2 748	1 530	313	-905	-2 122	-3 339	-3 339	-3 339	-4 557	-5 774	-6 992	-8 209	-9 426
PROD_18	3 526	14 835	14 436	C	2,78	9 804	9 099	9 099	9 099	8 394	7 688	6 983	6 278	5 573	5 573	5 573	4 868	4 162	3 457	2 752	2 047
PROD_19	7 518	31 154	16 360	C	0,53	4 000	2 496	2 496	2 496	993	-511	-2 014	-3 518	-5 022	-5 022	-5 022	-6 525	-8 029	-9 532	-11 036	-12 540
Z1	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z2	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z3	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Rys. 3. Fragment arkusza przedstawiającego prognozowane stany magazynowe w DC w funkcji przyjętego planu produkcji.

miały ich obecne decyzje. Ponadto, w celu wizualizacji zagrożenia brakami produktów, komórki odpowiadające dniom, w których prognozowany zapas będzie mniejszy lub równy zero, wyróżniane są kolorem czerwonym.

Wdrożenie opisanego wyżej narzędzia pozwoliło na usprawnienie procesu planowania produkcji i zarządzania zapasami. Jak wcześniej wspomniano, uzyskano kompromis pomiędzy rozbieżnymi celami przedsiębiorstw. Planista z fabryki był bowiem świadomy prognozowanych stanów magazynowych i rozumiał konieczność przezbrojeń maszyn. Planista z DC, współuczestnicząc w układaniu harmonogramu produkcji zdawał sobie sprawę z wydajności i czasów

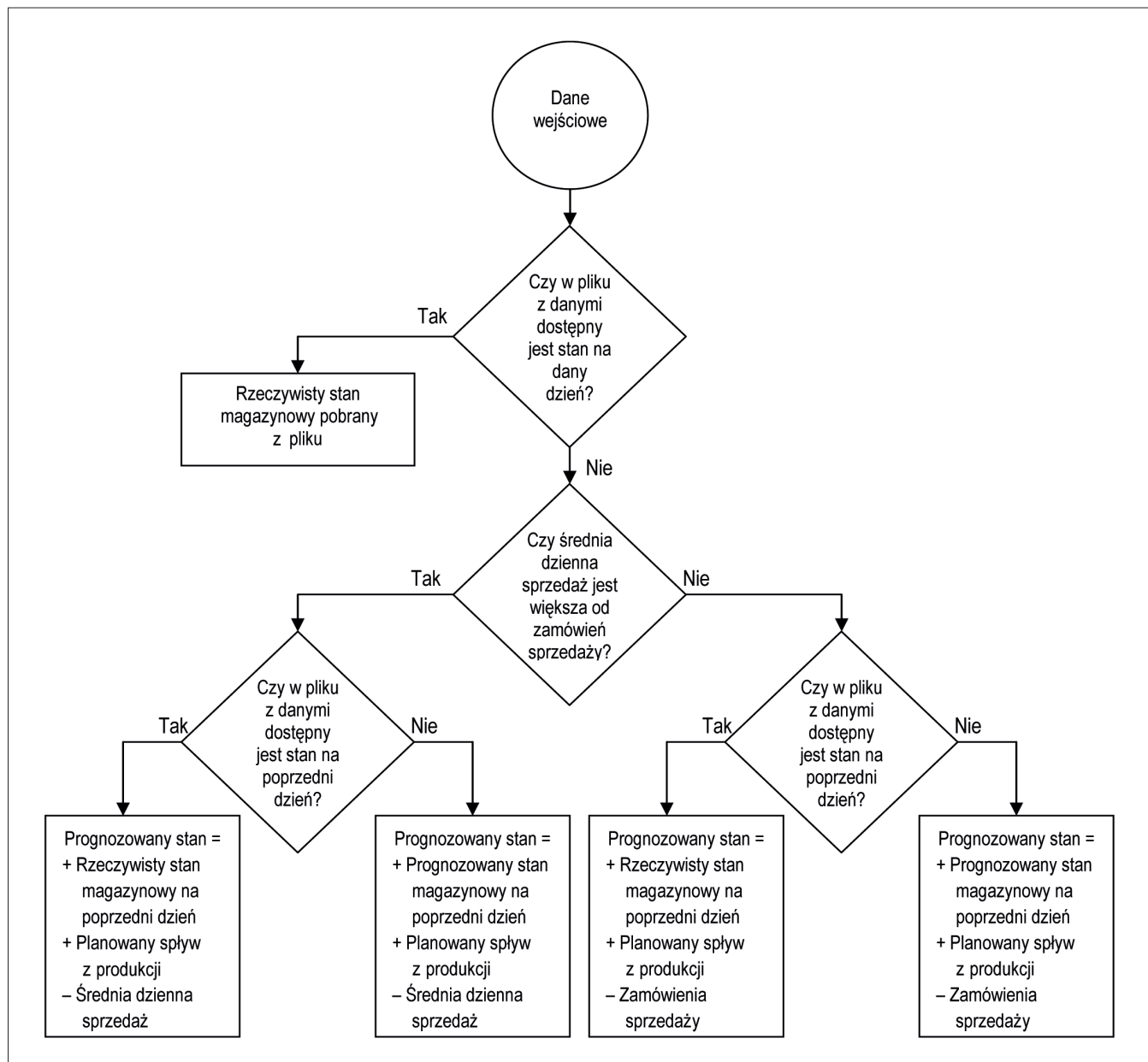
przebrojeń maszyn, przez co rozumiał konieczność maksymalizowania długości partii i szukania korzystnych sekwencji produkcji. Planiści podjęli codzienną współpracę w ramach telekonferencji, podczas których rozpatrywali możliwe harmonogramy produkcji i ich wpływ na dostępność produktów w DC.

Jako mankament wspomnianego narzędzia wskazać należy powolną pracę arkusza kalkulacyjnego MS Excel w przypadku analizy dużej liczby danych. Na zakończenie każdego tygodnia pliki programu Excel miały rozmiar kilkudziesięciu megabajtów, co wpływało ujemnie na ich stabilność oraz znacznie wydłużało czas obliczeń wszystkich formuł. W związku z po-

wyższym, jako możliwość rozwoju projektu, autor postrzega implementację narzędzia w odpowiednim języku programowania.

BIBLIOGRAFIA

1. Guzik B. (red.): Ekonometria i badania operacyjne: Zagadnienia podstawowe. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań, 2000.
2. Ignasiak E.: (red.): Badania operacyjne. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2001.
3. Turban E.: Decision Support Systems and Intelligent Systems. Prentice Hall, 1998.
4. Wagner H. M.: Badania Operacyjne Zastosowanie w zarządzaniu. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 1980.



Rys. 4. Algorytm prognozowania stanów magazynowych w DC.