



Czym jest replenishment?

To system, który automatycznie uzupełnia braki w towarach w sklepie. Tak najprościej można zdefiniować ten mechanizm. To automat, którego zadaniem jest dbanie o właściwe zaopatrzenie sklepów.

Aplikacja ta analizuje stany magazynowe w sklepie i w przypadku braku towarów wysyła zamówienia do dostawców lub producentów. Automaty zamawiające pojawiły się w Polsce wraz z rozwojem masowej sprzedaży w sieciach supermarketów. Nie sposób było manualnie obsługiwać tak wielki wolumen obrotów. Replenishment zastąpił licznych branżystów i zaopatrzeniowców, stał się podstawowym elementem systemu logistycznego wielkich sieci detalicznych.

Najprostsza forma replenishmentu

Warto zauważyć, że używanie określenia „automat zamawiający” jest bardziej adekwatny niż angielskie słowo *replenishment*, które oznacza po prostu uzupełnienie. Nazwa ta jest mocno zakorzeniona w branży supermarketów. Replenishment jest systemem, który na bieżąco analizuje stany magazynowe w sklepach. System pobiera informacje z setek sklepów na temat tysięcy produktów. Poszczególne produkty w konkretnych sklepach mają tzw. górne i dolne limity magazynowe. Są to zakresy ilości poszczególnych towarów na półkach. Limit dolny określa najmniejszą ilość towaru na półce, górny to ilość towarów, która maksymalnie zmieści się na półce. Gdyby sklep zamawiał więcej towarów niż ma miejsca, towary musiałyby być składowane na zapleczu lub gdzieś w wolnych przestrzeniach sklepu.

Najprostsza wersja automatu do zamawiania bazuje na statycznych limitach stanów magazynowych dla poszczególnych towarów w poszczególnych sklepach. Jeżeli stan określonego towaru w określonym sklepie zbliża się do dolnej granicy stanu magazynowego, system automatycznie tworzy zamówienie. Wielkość zamówienia nie może przekroczyć górnego limitu stanu magazynowego.

Problemy z prostym replenishmentem

Prosta wersja replenishmentu ma pewne wady, które w ogromnej skali supermarketów i sieci sprzedaży powodują wielkie straty, wynikające głównie z utraconych przychodów spowodowanych brakami towarów na półkach. Automat wysyła zamówienie w momencie, gdy stan magazynowy zbliża się do dolnej granicy. Czas realizacji zamówienia wynosi kilka dni. W tym czasie towar zostaje wykupiony i do czasu przyjazdu zamówionej dostawy pozostaje pusta półka. Oznacza to brak sprzedaży i koszty z tego wynikające. Rozwiązaniem jest ustawienie

dolnych limitów kontrolnych na wyższym poziomie. W tym wypadku automat wysyła zamówienie w momencie, gdy stan magazynowy jest jeszcze wysoki. Problem polega na tym, że nie wiadomo, ile należy zamówić towaru. Jeżeli towar zostanie zamówiony na poziomie obecnego braku, a czas trwania zamówienia będzie wynosił np. tydzień, do czasu dostarczenia dostawy towar zostanie wykupiony. W momencie przyścia dostawy automat znowu będzie musiał dokonać zamówienia, ponieważ bieżący stan magazynowy będzie wciąż niski. Zaopatrywanie sklepu przez małe nieoptymalne wolumeny dostaw to kolejny przykład niepotrzebnych kosztów spowodowanych złą jakością procesu. A co, jeżeli omawiany towar nie zostanie sprzedany, a automat zamówił już więcej towaru, bo tak zostały ustawione limity? Nastąpi przekroczenie górnego limitu magazynowego i sklep zostanie z nadmiarem towaru.

Opisane problemy mogą dotyczyć jednocześnie tysiąca lub więcej towarów w jednym sklepie. Powstanie chaos, nad którym trudno będzie zapanować. Dodatkowo dochodzą jeszcze problemy związane z terminem ważności do spożycia produktów FMCG. Pojawia się aspekt różnych czasów dostaw towarów od różnych dostawców. Jak powinien zachowywać się automat, kiedy sklepy będą organizowały akcje promocyjne. Wtedy dla towarów objętych promocją statycznie ustawione limity magazynowe będą zbyt małe. Natomiast towary nieobjęte promocją, które będą substytucyjne w stosunku do towarów promowanych, będą miały limity zbyt wysokie. Warto też wspomnieć o tym, że towary w sieciach detalicznych mogą być również przesyłane pomiędzy sklepami. Łatwo się domyślić, że prosty automat do zamawiania nie jest w stanie sprostać tym wszystkim wyzwaniom.

Replenishment oparty na modelach autoregresji średnich

Prosty replenishment oparty na limitach kontrolnych nie jest w stanie przewidzieć zmian sezonowych. Np. lody są sprzedawane przede wszystkim w okresie letnim. Czyli limit dla każdego rodzaju lodu powinien być ustawiony indywidualnie, a następnie zgodnie z sezonem lub na podstawie prognozy pogody powinien być zmieniany.

Na jakim poziomie ustawić limity lodów? Sprzedaż lodów w dużej części zależy od pogody. Pracownik ustawiający limity powinien sugerować się długoterminowymi prognozami pogody. Wychodzi na to, że pracownik każdego sklepu musi co kilka dni aktualizować limity, aby automat zamówił właściwie. Łatwiej jest już zamawiać lody osobiście. To oczywisty absurd. Pracochłonność i niska efektywność ciągłego korygowania limitów kontrolnych dla setek i tysięcy towarów FMCG była głównym powodem rezygnacji z podejścia opartego na limitach kontrolnych. Limity kontrolne zastąpiono więc prostymi modelami szeregów czasowych *autoregressive moving average model* typu ARMA lub ARIMA. Są to proste modele, bazujące na trendach. Można w dużym uproszczeniu powiedzieć, że modele te są czymś w rodzaju średnich kroczących. Za tego typu rozwiązaniem przemawia głównie prostota rozwiązania. Modele te przewidują sprzedaż na podstawie zachowania sprzedaży w ostatnim okresie. Algorytm podstawia każdy z tysięcy towarów w sklepach do modelu autoagresyjnego. Model wylicza przyszły stan magazynowy. Np. automat już w poniedziałek dokonuje zamówienia, ponieważ prognozuje, że w czwartek stan magazynowy określonego towaru zbliży się do dolnej granicy magazynowej.

Replenishment wyposażony w sztuczną inteligencję

Rozwiązanie oparte na modelach autoregresji średnich jest przede wszystkim autonomiczne, nie wymaga edytowania limitów kontrolnych stanów magazynowych. Problemem modeli jest to, że prognozują na podstawie ostatniego okresu. Jeżeli w ostatnim okresie było gorąco i lody sprzedawały się w dużych ilościach, to model ARIMA będzie zakładał, że w przyszłości, zgodnie z trendem, lody również będą się sprzedawały w dużych ilościach. Model zamówi więc znowu dużo lodów, które nie zostaną sprzedane, ponieważ przyszła jesień. Sprzedaż lodów drastycznie spadnie, a replenishment oparty o autoagresyjne modele średnich kroczących wywnioskuję, żeby w następnym okresie nie zamawiać już więcej lodów. W wyniku tego sklepy zostaną z lodami, które zostały zamówione niepotrzebnie. Zjawisko takie pojawi się jednocześnie w skali kilku tysięcy towarów w kilkuset sklepach. Oznacza to znaczne koszty dla sieci detalicznej. Dlatego z czasem zaczęto zastępować modele autoagresji średnich ruchomych bardziej zaawansowanymi modelami *machine learning*. O modelach takich mówimy, że zawierają elementy sztucznej inteligencji. Modele te bazują na znacznie dłuższej, sięgającej nawet kilku lat, historii sprzedaży. Dzięki temu możliwe

jest uwzględnienie sezonowości. Modele te bazują nie tylko na samej sprzedaży, ale również na zmiennych opisujących zjawisko sprzedaży, takich jak pogoda czy dni tygodnia. Automat zamawiający oparty na zaawansowanym modelu klasyfikacji przewidzi większość przyszłych zmian popytu i dzięki temu dokona trafnego zamówienia, które prowadzi do zmniejszenia strat spowodowanych zbyt niskim lub nadmiernym zatowarowaniem sklepów. Działanie takiego systemu jest skomplikowane, ponieważ opiera się o tysiące modeli, które przewidują zachowania klientów kupujących określone towary w oparciu o zmienne opisujące.

Modele sztucznej inteligencji nie wymagają obsługi

Aby zbudować model prognostyczny trzeba wybrać odpowiedni algorytm, a następnie przeprowadzić szkolenie tego modelu. Model uczy się na szeregach czasowych sprzedaży z wielu lat. Dobrze wytrenowany jest w stanie przewidzieć poziom sprzedaży z trafnością na poziomie od 75 nawet do 95%. Tworzenie modeli trwa długo i wymaga specjalistycznej wiedzy. Współczesne systemy replenishment są umieszczone w chmurach. Modele tam działające same się douczają, dzięki czemu model nie traci zdolności prognostycznych. Co więcej, takie rozwiązanie pozwala tworzyć kolejne modele do kolejnych, nowo pojawiających się towarów.

Podsumowanie

Replenishment to bardzo ważny element infrastruktury logistycznej branży sprzedaży detalicznej. Znajomość tego mechanizmu może być przydatna dla dostawców towarów, dla piekarzy, dla cukierników. Niektóre sieci sprzedaży piekarni prowadzą również sprzedaż szerokiego asortymentu spożywczego. Wiele piekarni i cukierni zaopatruje sklepy wielkopowierzchniowe. Mam nadzieję, że niniejsza publikacja przyczyni się do wzrostu wiedzy na temat działania logistyki sieci sprzedaży, zwłaszcza sprzedaży produktów FMCG.

Wojciech Moszczyński

Wojciech Moszczyński – ekspert z zakresu optymalizacji matematycznej oraz modelowania predykcyjnego. Od lat zaangażowany w popularyzację metod ekonometrycznych w środowiskach biznesowych. Specjalizuje się w optymalizacji procesów sprzedażowych, produkcyjnych oraz logistycznych. Przez 15 lat pracował jako ekspert finansowy ze specjalizacją w obszarze kontrolingu i rachunkowości zarządczej. Od 10 lat pracuje jako analityk danych (*data scientist*). Absolwent katedry Ekonometrii i Statystyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Obecnie zatrudniony jako Senior Data Scientist w polskiej firmie Unity Group.