

KRZYSZTOF KOSICKI

## Optymalizacja procesu pozyskiwania drewna w nadleśnictwie

Оптимализация процесса заготовки древесины в надлесничестве

Optimization of the wood harvesting process in forest district

Jednym z najczęstszych problemów decyzyjnych przy planowaniu i realizacji pozyskiwania drewna przez nadleśnictwo jest wybór środków lub technologii wykonania zadań roboczych. Konieczność dokonania wyboru jest nam zaoszczędzona tylko wówczas, gdy dysponujemy środkami produkcji jednego rodzaju o identycznych wskaźnikach techniczno-ekonomicznych (np. tylko ciągnikami rolniczymi do zrywki drewna) lub gdy w danych warunkach drzewostanowych i terenowych możemy zastosować tylko jedną technologię (np. wyrób sortymentów o ustalonej strukturze ilościowej bezpośrednio przy pniu z użyciem pilarki do wykonania operacji technologicznych ścinki, okrzesywania i przerzynki). W przypadku, gdy dysponujemy sprzętem o zróżnicowanej wydajności i zróżnicowanych kosztach eksploatacyjnych (np. wymienionymi uprzednio ciągnikami rolniczymi i ciągnikami specjalistycznymi do zrywki, pilarkami i kombajnem zrębowym) lub możemy stosować odmienne technologie (np. wyrób sortymentów przy pniu lub na składnicy przyzrębowej), mamy do czynienia z typowym procesem decyzyjnym.

Podjęcie decyzji jest więc procesem wyboru. Jest on uwarunkowany przez możliwość wyboru jednego z przynajmniej dwóch potencjalnych rozwiązań oraz określenie kryterium, według którego następuje wybór.

Dotychczas problemy decyzyjne w leśnictwie są rozwiązywane na podstawie intuicji, doświadczenia lub analizy logicznej. Zaletą takiej metody postępowania jest szybkość i operatywność podejmowania decyzji, jednak — np. z ekonomicznego punktu widzenia — podjęta decyzja nie musi być najlepsza. Niedoskonałość metody wynika z dużej liczby możliwych kombinacji, których pełne i wszechstronne przeanalizowanie sposobem tradycyjnym nie jest możliwe.

Rozwiązywanie problemów decyzyjnych można znacznie uprościć przez stosowanie specjalnych metod, zwanych ogólnie metodami badań operacyjnych. Opierają się one na zależnościach matematycznych, matematyczno-statystycznych i nowoczesnej technice obliczeniowej (elektronicznej).

Za jedną z metod badań operacyjnych, szczególnie przydatną przy rozwiązywaniu problemów decyzyjnych związanych z pozyskiwaniem drewna, można uznać programowanie liniowe. Przydatność tej metody wynika z faktu, że większość zależności między wielkościami opisującymi przebieg procesu pozyskiwania drewna można wyrazić za pomocą funkcji matematycznych o charakterze liniowym lub świadomie je uznać za takie. Przyjęcie zasady liniowości powoduje, że w konstruowanym modelu matematycznym pozyskiwania drewna wszystkie zmienne — zawsze nieujemne — w równaniach, nierównościach i funkcji celu, występują wyłącznie w pierwszej potęgze. Rozwiązanie prawidłowo skonstruowanego modelu matematycznego przy użyciu elektronicznej techniki obliczeniowej nie nastęrcza trudności, tym bardziej że powtarzalność problemów pozwala na stosowanie standardowych programów obliczeniowych.

Rozwiązywanie problemów decyzyjnych za pomocą metod operacyjnych obejmuje kilka faz. Są to

- analiza sytuacyjna
- sformułowanie problemu
- opracowanie modelu matematycznego
- uzyskanie empirycznych danych liczbowych i podstawienie ich do modelu
- rozwiązanie modelu
- ocena przydatności uzyskanego rozwiązania
- podjęcie decyzji i jej realizacja.

Analiza sytuacyjna ma charakter diagnozy stawianej dla realizowanej dotychczas i badanej działalności gospodarczej lub jej wybranego fragmentu. Celem diagnozy jest krytyczna ocena istniejącego stanu rzeczy, ustalenie odmiennych wariantów realizacji zadań i określenie realnej możliwości wprowadzenia zmian. W przypadku pozyskiwania drewna analiza sytuacyjna może obejmować całość procesu od typowania powierzchni zrębowych do ustalenia realizacji i dostaw drewna lub zajmować się tylko wybranymi zagadnieniami (np. programem produkcji sortymentów lub przydziałem zadań roboczych dla posiadanych środków zrywkowych).

Jeśli celem modelowania jest całość procesu pozyskiwania drewna realizowanego przez nadleśnictwo, to analiza sytuacyjna obejmuje trzy grupy zagadnień. Są to: warunki naturalne (przyrodnicze), warunki gospodarcze oraz potencjał sił roboczych i maszyn.

Warunki naturalne obejmują bardzo dużą liczbę czynników o trudnej do oceny istotności wpływu na proces pozyskiwania drewna. Do czynników, które muszą być objęte analizą i uwzględnione następnie przy konstruowaniu modelu należą: kategorie użytkowania i rodzaje rębni, wielkość i charakterystyka powierzchni zrębowych (charakterystyka drzew i drzewostanów, średnia pierśnica i jej rozpiętość, liczba drzew na powierzchni zrębowej i jednostce powierzchni, infrastruktura transportowa itp.), terminy czasowe wykonania poszczególnych zadań, stopień koncentracji powierzchni zrębowych.

Za czynniki określające warunki gospodarcze i wpływające na konstrukcję modelu matematycznego należy uznać: wskaźniki dyrektywne, które określają zakres uprawnień nadleśnictwa, układ ilościowy sorty-

mentów i ich ewentualną zastępowalność, warunki i możliwości zbytu sortymentów (rozmiar i kierunki dostaw, ceny), dyslokacja, wyposażenie i przepustowość składnic manipulacyjnych i spedycyjnych, zagadnienia socjalne itp.

W trakcie analizy potencjału sił roboczych i maszyn rozpoznaje się następujące zagadnienia: liczebność i kwalifikacje robotników stałych i personelu kierowniczego, możliwości zatrudnienia robotników sezonowych, interwencyjnych i dorywczych, park maszynowy własny i jego potencjał produkcyjny, możliwość zaangażowania środków transportowych obcych (OTL-u, kółek rolniczych, sprzężaju najemnego itp.), stan zaplecza technicznego, możliwości zapewnienia ciągłych dostaw paliw płynnych itp.

Podczas analizy sytuacyjnej baczna uwagę należy zwrócić na fakt, że pozyskiwanie drewna stanowi tylko część działalności nadleśnictwa powiązaną ściśle z pozostałymi działami gospodarki leśnej realizowanymi częściowo przy użyciu tych samych środków technicznych i przez tę samą kadre pracowniczą. Optymalizacja procesu pozyskiwania drewna nie może więc naruszać wyników działalności prowadzonej w innym zakresie.

Przeprowadzenie analizy sytuacyjnej pozwala na ustalenie, czy dokumentacja źródłowa nadleśnictwa (operat urzędzeniowy, szacunki brakarskie itp.), kwalifikacje personelu i stan organizacyjny nadleśnictwa i współpracujących z nadleśnictwem jednostek (OTL, Zespoły Składnic) umożliwiają rozwiązanie problemu pozyskiwania drewna metodą programowania liniowego.

Sformułowanie problemu. Po starannym przeprowadzeniu analizy sytuacyjnej przystępujemy do sformułowania problemu. Polega ono na ustaleniu, jaki problem będzie rozwiązywany i jakiego efektu oczekujemy od rachunku optymalizacyjnego. W zależności od wyników analizy sytuacyjnej problem może polegać np. na opracowaniu takiego programu pozyskiwania drewna, który pozwoli na uzyskanie maksymalnej wydajności pracy, maksymalnej wartości produkcji albo maksymalnego zysku.

Opracowanie modelu matematycznego. Po sformułowaniu problemu kolejnym etapem jest opracowanie modelu matematycznego. Czynność ta wymaga biegłej znajomości problemu oraz powiązań technicznych, ekonomicznych i technologicznych między jego elementami. Przy opracowywaniu modelu matematycznego zalecana jest następująca kolejność działań.

1. Zestawienie modelu matematycznego. Próba zawarcia w modelu zbyt szczegółowych informacji o przebiegu projektowanych procesów technologicznych powoduje, że konstruowany model przyjmie zbyt skomplikowaną postać matematyczną, a jego opracowanie, wypełnienie danymi liczbowymi i rozwiązanie trwa zbyt długo, co stoi w sprzeczności z wymogiem, aby okres między podjęciem decyzji i jej realizacją był możliwie najkrótszy. Doświadczenie wskazuje, że najbardziej celowe jest stosowanie modeli prostych, które mimo pewnych uproszczeń i niedokładności mogą być konstruowane i rozwiązywane w krótkim czasie. Jeżeli wyniki rozwiązania takiego modelu okażą się niezadowolające, rozwiązujemy problem ponownie i konstruujemy model bardziej szczegółowo.

2. Określenie zmiennych. Przy optymalizacji pozyskiwania drewna za zmienne w konstruowanym modelu przyjmuje się miąższości drewna, które mają być pozyskane przy zastosowaniu projektowanych technologii. Jeżeli rozwiązanie modelu ma dostarczyć bardziej szczegółowych danych do realizacji procesu, to za zmienne można przyjąć miąższości drewna, które może być pozyskane na poszczególnych powierzchniach w przyjętych okresach roku i przy zastosowaniu określonych technologii. W powyższej wskazówce bliższego wyjaśnienia wymaga sformułowanie „poszczególne powierzchnie”. Operowanie pojedynczymi powierzchniami zrębowymi do celów modelowania procesu pozyskiwania jest zwykle utrudnione lub wręcz niemożliwe, ponieważ ich liczba jest dość znaczna i waha się od kilku do kilkunastu na każde 1000 m<sup>3</sup> drewna pozyskiwanego przez nadleśnictwo w ciągu roku. Aby uniknąć tej niedogodności, powierzchnie zrębowe łączy się w większe jednostki terytorialne. Łączeniu mogą podlegać powierzchnie zrębowe o zróżnicowanych warunkach pozyskania, lecz leżące w niewielkim oddaleniu od siebie i po połączeniu tworzące obszary pozyskiwane, albo łączenie obejmuje powierzchnie o zbliżonych warunkach pozyskiwania (np. zręby zupełne w drzewostanach rębnych, drzewostany objęte trzebieżami wczesnymi lub późnymi), lecz oddalone od siebie przestrzennie i po połączeniu tworzące jednolite grupy powierzchni pozyskiwanych.

3. Określenie warunków ograniczających (brzegowych). Realizowanie każdego procesu produkcyjnego jest związane ze stopniowym wyczerpywaniem się surowców, materiałów, funduszu czasu pracy, środków finansowych itp. Ilość lub wartość tych elementów produkcji jest zwykle ograniczona i nie można ich przekroczyć. W konstruowanym modelu matematycznym ograniczenia te są zwane warunkami ograniczającymi (brzegowymi) i zostają opisane za pomocą równań i nierówności. Liczba warunków ograniczających może być mniejsza lub co najwyżej równa liczbie zmiennych. Należy przy tym zwrócić uwagę na fakt, że zbyt mała liczba ograniczeń również nie jest wskazana, gdyż oddziałuje ona na liczbę zmiennych, które wejdą do końcowego wyniku. Oznacza to, że im większa jest liczba warunków ograniczających, tym większą liczbę zmiennych uzyskujemy w rozwiązaniu optymalnym.

4. Ustalenie kryterium optymalizacji. W wyniku rozwiązania układu równości i nierówności można otrzymać wiele wartości zmiennych. Przy planowaniu programu pozyskiwania drewna interesuje nas tylko jedno rozwiązanie i to najefektywniejsze. Istnieje wiele kryteriów, według których można dokonać wyboru najlepszego programu. Są to przykładowo:

- maksymalna wartość produkcji
- maksymalna wydajność pracy
- maksymalny zysk
- maksymalny rozmiar pozyskania określonego sortymentu
- maksymalne wykorzystanie potencjału produkcyjnego
- maksymalne wykorzystanie surowca
- minimalne koszty produkcji
- minimalna pracochłonność
- minimalne zużycie materiałów lub energii itp.

Najlepszy wynik rozwiązania, a więc cel, dla którego prowadzimy obliczenia, otrzymujemy przez wyznaczenie takich wartości zmiennych, które przy spełnieniu warunków ograniczających (brzegowych) spowodują, że funkcja celu przyjmie wartość ekstremalną, a więc wartość minimalną lub maksymalną. Wybór kryterium optymalizacji nie jest sprawą łatwą. Jeśli za kryterium przyjmiemy np. minimalizację kosztów pozyskania, to w rozwiązaniu mogą być pominięte częściowo lub całkowicie technologie z użyciem maszyn wysokowydajnych, lecz kosztownych w eksploatacji. Z kolei przyjęcie jako kryterium maksymalnej wydajności pracy będzie prowadziło do preferowania w rozwiązaniu właśnie technologii z użyciem wspomnianych maszyn, ale koszty pozyskania będą wówczas wyższe niż w poprzednim przypadku.

Ponieważ wartość produkcji, wydajność pracy, zyski itp. są niemal tak samo ważne dla działalności gospodarczej nadleśnictwa, to przy rozwiązywaniu modelu należy stosować kolejno kilka kryteriów nawet sprzecznych ze sobą (np. maksymalne wykorzystanie posiadanego parku maszynowego i minimalne zużycie materiałów pędnych). Porównując rozwiązania uzyskane przy zastosowaniu różnych kryteriów można stwierdzić, w jakim stopniu rozwiązania te są zgodne ze sobą. Niekiedy okazuje się, że wyniki uzyskane przy przyjęciu za kryterium np. maksymalnego zysku prowadzą do takich samych wyników jak dążenie do maksymalizowania wydajności pracy i rozmiaru pozyskania określonego sortymentu. Jeśli wyniki rozwiązań przy odmiennych kryteriach różnią się znacznie między sobą, to do realizacji wybierzemy rozwiązanie uznane za najbardziej korzystne, a pozostałe rozwiązania wykorzystujemy w zarządzaniu operatywnym.

Uzyskanie empirycznych danych liczbowych i podstawienie ich do modelu. Dane liczbowe do konstruowanego modelu uzyskujemy z trzech podstawowych źródeł. Są to: materiały dokumentacyjne nadleśnictwa (dokumentacja księgowa, karty technologiczne powierzchni pozyskaniowych, szacunki brakarskie, karty technologii, uzgodnienia z odbiorcami odnośnie do rozmiaru i terminów dostaw itp.), instrukcje i zarządzenia jednostek zwierzchnich określając wskaźniki dyrektywne oraz lustracja terenowa.

Jeśli w konstruowanym modelu operujemy obszarami eksploatacyjnymi lub grupami powierzchni o zbliżonych warunkach pozyskania, to dla utworzonych jednostek terytorialnych należy określić przeciętne cechy charakteryzujące warunki pozyskiwania drewna (wielkość powierzchni, miąższość pozyskiwanego drewna, układ sortymentów, wartość surowca, strefy trudności itp.). Ustalenia te, w połączeniu z przewidzianymi do stosowania technologiami, pozwalają na określenie takich parametrów jak wydajność, pracochłonność, koszty pozyskania, zużycie materiałów i energii itp.

Pozostałe informacje, dotyczące warunków brzegowych i bilansowych, uzyskuje się z materiałów księgowości i wskaźników dyrektywnych.

Wyrażone liczbowo warunki bilansowe, brzegowe i funkcja celu są zapisywane najczęściej w postaci tablicy będącej modelem wyjściowym do obliczeń, na podstawie którego dalsze prace rachunkowe są już wy-

konywane w ośrodku obliczeniowym. Sposób sporządzania modelu wyjściowego (schemat tablicy) jest podawany w licznych pozycjach literatury przedmiotu (np. B. K ł a p e ć, T. M a r s z a ł k o w i c z: Metody programowania optymalnego w leśnictwie Warszawa: PWN 1979.

Rozwiązanie modelu następuje w centrum obliczeniowym za pomocą maszyny matematycznej, a wynik obliczeń otrzymuje się w postaci standardowego wydruku. Ponieważ uzyskany wydruk obejmuje zwykle bardzo dużą liczbę szczegółowych informacji, to dla nadania mu przejrzystej formy wydruk zostaje przekształcony w łatwo czytelne tabele i wyciągi. Przekształcenie wydruku do postaci tabel jest korzystne także z tego względu, że zawarte w nich informacje mogą być dostosowane do odpowiedniego szczebla zarządzania.

Ocena przydatności uzyskanego rozwiązania oraz podjęcie decyzji i jej realizacja. Rachunkowe rozwiązanie modelu matematycznego nie przesądza o charakterze decyzji, a jedynie ułatwia jej podjęcie. Wyniki rozwiązania wskazują jednak na skutki, jakie pociągnie za sobą odstępstwo od rozwiązania optymalnego według założonego kryterium. Pomocne jest przy tym porównanie rozwiązań uzyskanych przy różnych kryteriach optymalizacyjnych. Dla realizacji decyzji konieczne jest przetransformowanie wyników matematycznych na wskaźniki techniczne i ekonomiczne zrozumiałe dla pracowników, którzy będą pracować nowymi metodami.

Z Katedry Użytkowania Lasu  
i Inżynierii Leśnej SGGW-AR  
w Warszawie

### К р а т к о е   с о д е р ж а н и е

Одной из часто встречаемых проблем принятия решения при планировании и реализации заготовки древесины надлесничеством является выбор средств или технологии выполнения рабочих заданий. Автор критически относится к применяемым до сих пор способам принятия решений, основанных на интуиции, опыте и логическом анализе и указывает на необходимость замены их методами операционных исследований. Автор считает, что в случае заготовки древесины, наиболее пригодным методом является линейное програввирование. В статье представлены очередные фазы рашения проблемы при принятии решения при помощи линейного программирования. Автор рассматривает способ проведения анализа ситуации, принципа формулировки проблемы и разработки математической модели, а также указывает на возможность принятия различных критериев оптимализации. В дальнейшей части статьи представлены источники эмпирических цифровых данных для модели, способ решения модели и принципы оценки пригодности полученных данных для принятия решения.

### S u m m a r y

The choice of means or technologies of the execution of operations is one of the most frequent problems of decision-making at planning and realization of wood harvesting in a forest district. The author is critical to the ways of decision-

making used so far, based on intuition, experience and logical analysis and points out the necessity of their replacement with methods of operational studies. The author considers that in case of wood harvesting the linear programming is the most useful method. In the paper, the succeeding stages of the solution of deciding problems with the use of linear programming are presented. The author discusses the way of carrying out the situation analysis, the principles of the formulation of the problem and of the elaboration of mathematical model and indicates the possibility of adoption of various criteria for the optimization. Further, the author presents empirical sources of numerical data for the model, the way of solution of the model nad principles of evaluation of the usefulness of obtained solution for the deciding.

## Z LITERATURY

**Czesław Spychalski. RADIESTEZJA W DOMU I W OGRODZIE.** Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne 1983 r., s. 191, cena 120 zł  
Z przedmowy do książki:

„Ambicją i celem Autora... jest głównie wprowadzenie Czytelnika w praktykę różdżkarską i wahadlar-ską”.

W pracy zawarto między innymi porady jak usuwać szkodliwe promieniowanie:

w ogrodzie,  
w domu,  
w mieszkaniu.

Książki Państwowego Wydawnictwa Rolniczego i Leśnego można kupić w księgarniach miejskich i Wojewódzkich Księgarniach Rolniczych „Domu Książki”, w zorganizowanych przez nie punktach sprzedaży i u kolporterów, w kioskach i klubach „Ruch”, w Klubach Gminnych Spółdzielni „Samopomoc Chłopska” oraz w Centralnej Księgarni Rolniczej w Warszawie, Pl. Dąbrowskiego 8.

Adresy Wojewódzkich Księgarni Rolniczych:  
15-420 Białystok, ul. Edwarda Próchniaka 5,