

WIKTOR TRACZ

Nowoczesne narzędzia wspomagania procesu decyzyjnego w leśnictwie

Modern tools supporting the decision process in forestry

Abstract. Many computerised techniques exist that can be used at supporting decision processes in forestry. Due to location, size, structure, and tasks the forest management is one of the fields where decision process is complex and it plays a leading role in management. The present report discusses management information systems from the point of view of potentials and purposefulness of their use in managing of State Forests. At the same time it points out to the existence of nature and forest questions, that cannot be solved with known computerised techniques. To this end the report proposes selected methods of artificial intelligence as the most appropriate ones, being sometimes the only possible for supporting the management of selected forest economy questions.

Keywords: forestry, decision process, decision support systems, artificial intelligence

Wprowadzenie

Lasy są integralną częścią środowiska naturalnego. Charakteryzuje je złożona struktura. Pełnią wiele ważnych funkcji. Zrozumienie wagi funkcji ochronnej, rekreacyjnej i edukacyjnej lasu wyraźnie wzrosło w ostatnich latach. Zmusza to do rozpatrywania lasów jako integralnej części naszego otoczenia, co z kolei wymusza bardziej kompleksowe podejście do zarządzania zasobami leśnymi. Ze względu na lokalizację, rozmiar, strukturę i zadania, gospodarka leśna jest jedną z tych dziedzin, gdzie proces decyzyjny jest złożony i odgrywa wiodącą rolę w zarządzaniu.

Techniki informatyczne są od dawna wykorzystywane w zarządzaniu gospodarką leśną. Lasy Państwowe (LP) stosują je zaczynając od prostych operacji obliczeniowych i kompletowania dokumentacji ewidencyjnej a kończąc na szeroko i powszechnie stosowanym systemie informatycznym Lasów Państwowych (SILP).

Nowo powstałe i intensywnie rozwijające się techniki informatyczne mogą być bardzo użyteczne w pewnych zagadnieniach decyzyjnych na każdym szczeblu struktury LP.

Przetwarzanie danych i systemy informacyjne zarządzania

Analiza decyzyjna nie jest faktem podjęcia decyzji, raczej wykorzystaniem informacji, dostępnej w wyniku tej analizy, wspomaga podejmowanie lepszych rozwiązań twierdzi J. Ignizio (1991). Zadaniem analizy decyzyjnej jest dostarczenie decydującym informacji wspomagających proces podejmowania decyzji. Sprawą decydenta jest wtedy interpretacja i wykorzystanie tej informacji w celu osiągnięcia postawionego celu.

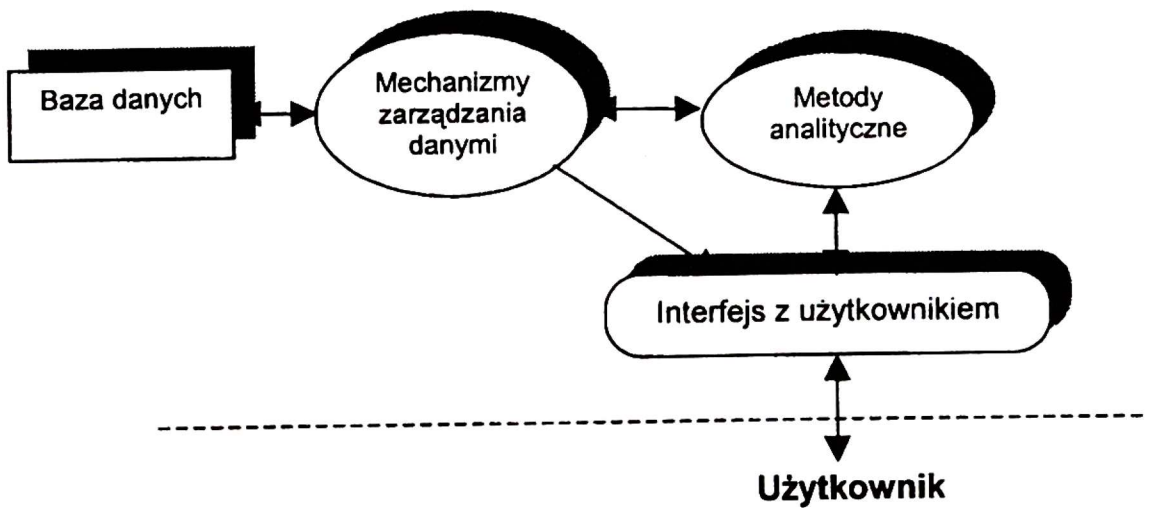
W bardziej złożonych zadaniach decyzyjnych mówi się raczej o wiedzy, o informacji niż o samych danych. Jedno z określeń analizy decyzyjnej brzmi następująco: jest to proces transformacji danych do postaci informacji użytecznej we wspomaganie procesu decyzyjnego (Ignizio J., 1991). Dane są ważne, ale same w sobie nie mają dużej użyteczności. Nabierają one wartości dopiero wtedy, gdy są przetworzone do formatu takich użytecznych informacji jak: kierunki, reprezentacje typowych wartości, wzajemne zależności, zakresy zmienności, itd. Dane są dopiero wtedy użyteczne, gdy mają właściwą postać, znajdują się we właściwym miejscu i we właściwym czasie.

Różnorodne narzędzia informatyczne wykorzystywane do wspomaganie procesu decyzyjnego tworzą mniej lub bardziej skomplikowane i zaawansowane w swoich możliwościach systemy informacyjne zarządzania (SIZ). Można je sklasyfikować na dwa sposoby (Niedzielska E., Skrawnik M., 1993) ze względu na wielkość obiektu oraz ze względu na rodzaj realizowanych przez system funkcji. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z systemami obsługującymi tylko jeden obiekt gospodarczy lub z systemami obsługującymi wiele obiektów zlokalizowanych w różnych miejscach geograficznych. Drugi sposób klasyfikacji SIZ wyróżnia następujące systemy (Olson D., Courtney F., 1992), (Turban E., 1993): transakcyjne, nowoczesnego biura, informacyjne zarządzania, wspomaganie decyzji, informacyjne kierownictwa, ekspertowe.

Systemy transakcyjne (ang. Transaction Processing Systems – TPS) wykorzystywane są na najniższym szczeblu zarządzania i wspomagają podejmowanie decyzji dobrze ustrukturalizowanych. Są one najbardziej rozpowszechnione w Polsce. Systemy transakcyjne zorientowane są przede wszystkim na ewidencję procesów gospodarczych, umożliwiają też agregację danych w różnych przekrojach. Podstawą tych systemów są bazy danych i hurtownie danych. Systemy transakcyjne spełniają funkcje usługowe dla bardziej zaawansowanych systemów, umożliwiając po prostu ich funkcjonowanie.

Systemy nowoczesnego biura (ang. Office Automation Systems – OAS) służą automatyzacji pracy biurowej, mogą być wykorzystane na każdym szczeblu zarządzania. Należą do nich: edytory tekstów, arkusze kalkulacyjne, programy wydawnicze, poczta elektroniczna, kalendarze elektroniczne, itp.

Systemy informacyjne zarządzania (ang. Management Information Systems – MIS) przeznaczone zostały dla kierowników w celu wsparcia procesu decyzyjnego i oparte są na wspólnej bazie danych. Obsługują one przede wszystkim średni szczebel zarządzania i mają do czynienia z decyzjami dobrze i średnio ustrukturalizowanymi. MIS różnią się od TPS tym, że zawierają przyjazne procedury obsługi użytkownika, bibliotekę procedur statystyczno-ekonomicznych oraz zbiory danych historycznych.



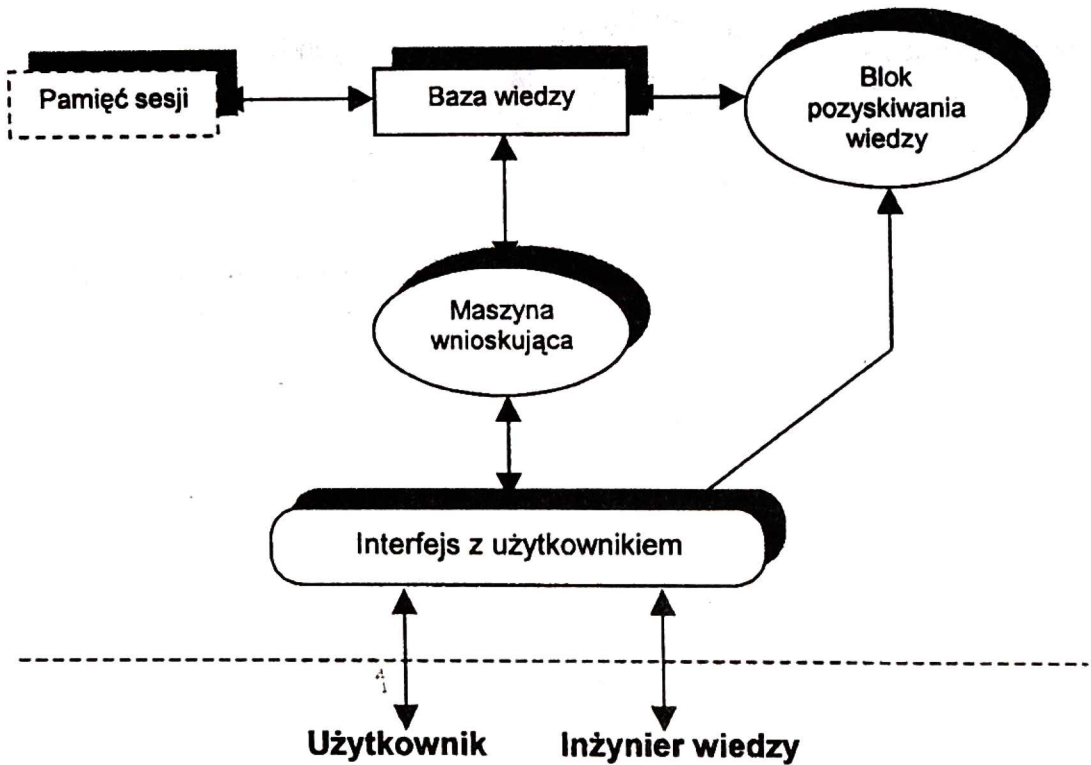
RYC. 1. Schemat blokowy systemu wspomagania decyzji

Systemy wspomagania decyzji (ang. Decision Support Systems – DSS) przeznaczone zostały do tego aby wspomagać wszystkie fazy procesu decyzyjnego, wspierając decydentów w słabo ustrukturalizowanym środowisku decyzyjnym na strategicznym i taktycznym szczeblu zarządzania. DSS umożliwiają korzystanie z analitycznych metod decyzyjnych z dostępem do baz danych i dostarczają informacji z określonej dziedziny. Ogólny schemat blokowy DSS na podstawie (Ignizio J., 1991) jest przedstawiony na rycinie 1. Systemy DSS projektuje się z uwzględnieniem osobowości decydenta.

Systemy informacyjne kierownictwa (ang. Executive Information Systems – EIS) służą do podejmowania decyzji słabo ustrukturalizowanych. Są one przeznaczone dla kierownictwa najwyższego szczebla i dostosowane do indywidualnych cech decydenta. Dane w nich zawarte pochodzą spoza obiektu oraz z systemów wewnętrznych takich jak TPS, MIS czy DSS. Są segregowane i łączone w celu selekcji szczególnie ważnych danych. W porównaniu z systemami wspomagania decyzji EIS w mniejszym stopniu wykorzystują modele analityczne. Nie są one zaprojektowane do rozwiązywania specyficznych problemów, stwarzają natomiast możliwość uniwersalnego, zintegrowanego przetwarzania informacji oraz możliwości telekomunikacyjne.

Systemy ekspertowe (ang. Expert Systems – ES) są komputerowymi systemami wykonującymi skomplikowane zadania w określonej dziedzinie o dużych wymaganiach intelektualnych i robią to tak dobrze jak człowiek, będący ekspertem w tej dziedzinie (Mulawka J., 1996). Systemy ekspertowe (SE) obejmują zwykle jeden specjalistyczny zakres działalności obiektu gospodarczego i w ten sposób mogą zastąpić człowieka-eksperta w danej dziedzinie, i to wielokrotnie bez konieczności jego obecności w czasie pracy systemu. Wiedza w SE jest oddzielona od mechanizmów wnioskowania. Jest ich cechą charakterystyczną i zarazem główną zaletą SE. Ogólny schemat blokowy SE na podstawie (Ignizio J., 1991) jest przedstawiony na rycinie 2.

Podstawowe cechy systemów ekspertowych to:



RYC. 2. Schemat blokowy systemu ekspertowego

- zgromadzenie w systemie kompletnej wiedzy z danej dziedziny oraz możliwość jej ciągłej aktualizacji,
- przedstawienie różnych wariantów decyzji oraz doradzanie,
- zdolność wyjaśnienia toku rozumowania prowadzącego do przyjętych rozwiązań,
- zdolność porozumiewania się z użytkownikiem w wygodnym dla niego języku zbliżonym do naturalnego.

W porównaniu z DSS systemy ekspertowe są bardziej ambitnymi systemami. Przeznaczeniem SE jest nie tylko wspieranie procesu decyzyjnego czy zwiększenie jego efektywności, ale również tworzenie maszyny inteligentnej, która może sama decydować (Ignizio J., 1991).

Systemy ekspertowe są jednym z kilku przedstawicieli dynamicznie rozwijającej się dziedziny sztucznej inteligencji (ang. Artificial Intelligence – AI). Użycie wyrażenia systemy ekspertowe do oznaczenia jednego z wymienionych rodzajów SIZ (tj. SE) wydaje się być zawężeniem dziedziny sztucznej inteligencji, do której one należą. Bierze się to prawdopodobnie z tego, że SE są najbardziej zbadaną i rozwiniętą gałęzią AI. Znalazły one szerokie zastosowanie w praktyce.

Spośród metod sztucznej inteligencji oprócz SE do zadań wspomaganie decyzji wykorzystuje się sztuczne sieci neuronowe (SSN) lub po prostu sieci neuronowe (SN) i algorytmy genetyczne (AG). Głównymi zaletami SN są: zdolność do rozpoznawania wzorców, uczenie się, klasyfikacja i generalizacja. Do najważniejszych cech sieci neuronowych należą (Mulawka J., 1996):

- zdolność przetwarzania niekompletnych danych,
- możliwość wytwarzania rezultatów przybliżonych,
- szybkie i efektywne przetwarzanie dużych ilości danych,
- przetwarzanie równoległe, rozproszone,
- skojarzeniowy dostęp do informacji zawartej w sieci (adresowanie zawartością, a nie miejscem), tzw. pamięć skojarzeniowa,
- informacja rozproszona,
- duża tolerancja na błędy i uszkodzenia,
- możliwość przetwarzania informacji rozmytych, chaotycznych, niekompletnych, a nawet sprzecznych.

Algorytmy genetyczne (ang. Genetic Algorithms – GA), ze względu na znakomite właściwości optymalizacyjne, stanowią dobre narzędzie zarówno do znajdowania najefektywniejszych struktur, jak i gromadzenia wiedzy przez SN i SE. Nie wymagają one ani wiedzy teoretycznej o rozwiązywanym problemie, ani danych. Konieczna jest jedynie znajomość kryterium wyboru kolejnych rozwiązań.

Z punktu widzenia przetwarzania danych istnieje istotna różnica między takimi systemami jak TPS, MIS, DSS czy EIS a metodami sztucznej inteligencji (AI). Metody AI, w odróżnieniu od technik algorytmicznego przetwarzania danych realizowanych w pozostałych systemach SIZ, realizują symboliczne przetwarzanie wiedzy oraz wnioskowanie symboliczne. W metodach sztucznej inteligencji następuje przejście od przetwarzania danych do przetwarzania wiedzy.

Możliwości i potrzeby stosowania systemów informacyjnych zarządzania (SIZ) w leśnictwie

Decyzje podejmuje się w każdej jednostce gospodarczej oraz na każdym szczeblu zarządzania: operacyjnym, taktycznym i strategicznym. Decyzje na szczeblu operacyjnym są dobrze ustrukturalizowane i dotyczą krótkich okresów. Mają one charakter rutynowych, powtarzających się, nie mających alternatywnych rozwiązań, a stosowane metody i techniki rozwiązań są znane i proste. Do wspomagania podejmowania tego typu decyzji najlepiej nadają się systemy TPS, OAS, MIS. Decyzje na szczeblu taktycznym są częściowo ustrukturalizowane i podejmowane są w warunkach ryzyka. Charakteryzują się one dużą zmiennością, koniecznością uwzględniania wielu kryteriów i podejmowane są często na podstawie ocen, intuicji i doświadczenia decydenta. Do wspomagania takich decyzji mogą być stosowane takie systemy jak: DSS, MIS, EIS oraz SE. Na szczeblu strategicznym podejmuje się decyzje słabo ustrukturalizowane. Decyzje takie podejmuje się w warunkach niepewności. Nie mają one jednoznacznego najlepszego rozwiązania a uzyskane możliwe rozwiązania w różnym stopniu spełniają przyjęte przez decydenta kryteria wyboru. Do wspomagania decyzji na szczeblu strategicznym najbardziej przydatne są systemy DSS (wykorzystujące dobre metody analityczne), EIS oraz niektóre metody sztucznej inteligencji.

Na każdym szczeblu struktury LP decydenci mają do czynienia z problemami i zagadnieniami o różnym stopniu ustrukturalizowania. Na poziomie nadleśnictwa tak samo jak i w RDLP i DGLP podejmowane są decyzje operacyjne, taktyczne i strategiczne. Wskazuje to

na możliwość zastosowania, określonego ze względu na zakres i formę wspomagania procesu decyzyjnego rodzaju SIZ na każdym szczeblu.

Obecnie w Lasach Państwowych wykorzystuje się jedynie systemy informatyczne, które można zaklasyfikować do TPS, OAS i MIS. Rzecz jasna, że w drodze rozwoju techniki komputerowej w tak dużej jednostce gospodarczej jakimi są Lasy Państwowe od dawna stosuje się systemy OAS. Takie ich elementy jak edytory tekstów, arkusze kalkulacyjne, programy poczty elektronicznej są wykorzystywane na każdym poziomie zarządzania. Główny moduł SILPu LAS w istocie swojej jest systemem transakcyjnym. LAS razem z programami użytkowymi i raportami stanowi SILP, który można by było zaliczyć do systemów typu MIS. Tylko program ACER, który jest częścią SILPu, stosujący w swojej pracy modele i solvery zaliczyć można do systemów DSS. Wynika stąd wniosek, że w leśnictwie polskim jedynie decyzje dobrze i nieznaczna część decyzji częściowo ustrukturalizowanych są wspomagane technikami informatycznymi.

W poprzednim rozdziale zostały naświetlone możliwości i cechy jakie posiadają różne SIZ oraz bardziej szczegółowo opisane zostały cechy niektórych metod sztucznej inteligencji. Do wspomagania procesu decyzyjnego można zastosować różne SIZ. Okazuje się też, że istnieje w leśnictwie grupa zagadnień, które mogą być skutecznie rozwiązywane jedynie metodami sztucznej inteligencji wychodząc z możliwości tych metod.

Wiele zagadnień przyrodniczych, a w tym też i leśnych, ma strukturę słabo ustrukturalizowaną. Metody sztucznej inteligencji* mają potencjalne możliwości rozwiązywania zagadnień tego typu. Dlatego jedną z metod sztucznej inteligencji najlepiej zastosować gdy:

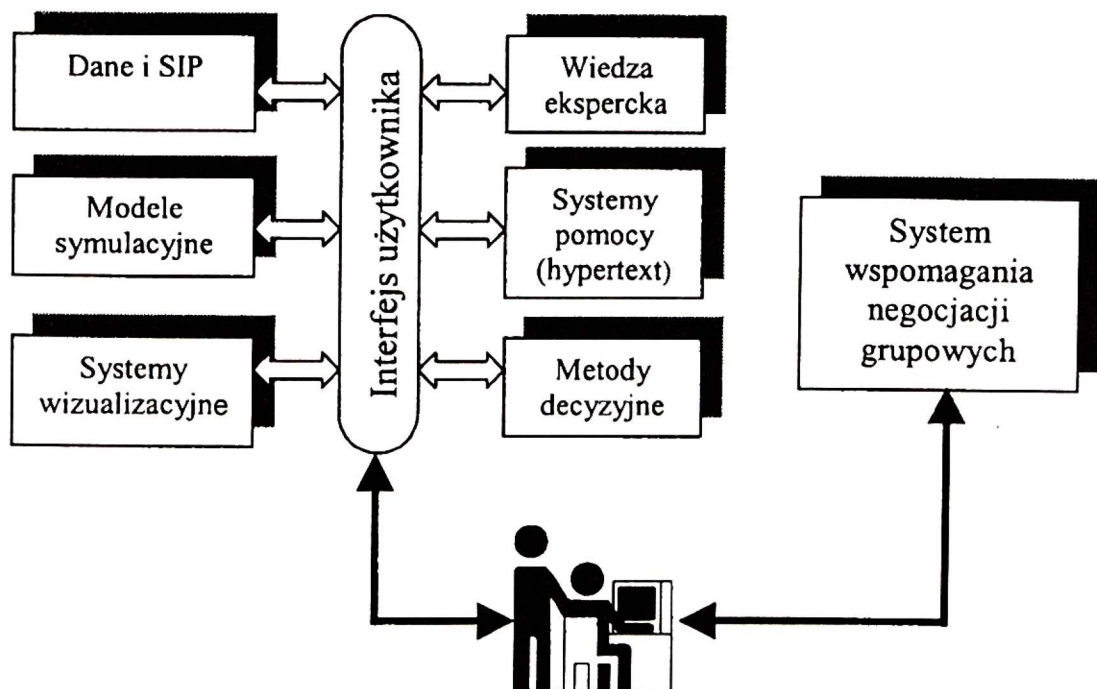
- nie dysponujemy całą wiedzą potrzebną do rozwiązania danego problemu, gdy czas rozwiązania metodami znanymi (np. algorytmicznymi) jest zbyt długi,
- wiedza jest wyrażona nie tylko w postaci numerycznej (np. 37 h, 128,45 cm, 19,7 kg, itd.), ale też w postaci symbolicznej (np. Bk, So, Bśw, zielony, wilgotne, dużo, itd.),
- informacja jest dostępna raczej w postaci heurystyk niż dobrze zdefiniowanych procedur algorytmicznych,
- wiedza o przedmiocie nie jest pełna, a koszt pozyskania niezbędnych ekspertyz jest duży,
- wiedza jest niepewna.

Ze względu na rodzaj wykonywanych operacji w procesie decyzyjnym takie metody sztucznej inteligencji jak systemy ekspertowe i sieci neuronowe mogą być wykorzystane do (Schmoldt D., 1999): klasyfikacji (np.: drzew, plonów, zwierzyny, wód, itd.), prognozowania (np.: powodzi, zanieczyszczenia, populacji owadów, zmian wegetacji, produkcji drewna, itd.), interpretacji (np.: zagrożenia pożarami, wpływu interwencji człowieka, estymacji kosztów, raportowania i generalizacji danych, itd.), planowania (np.: oczyszcze-

* W Katedrze Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa SGGW są prowadzone badania nad możliwością integracji wybranych metod sztucznej inteligencji z SIP w celu wspomagania analiz przestrzennych w zagadnieniach przyrodniczo-leśnych.

nia obszarów zagrożonych, zapobiegania pożarom, nasadzeń, pozyskania, budowy dróg, wywozu drewna, itd.), analizowania.

Metody sztucznej inteligencji, jak wiele innych technik informatycznych, posiadają wady i zalety. Najważniejszą zaletą tych metod jest możliwość uczenia się. Umożliwia im to szybkie i elastyczne przystosowanie się do zmieniających się cech problemów, które wspomagają. Jeszcze większe możliwości stwarza połączenie metod AI między sobą lub z innymi technologiami informatycznymi. Słabym miejscem SE jest na przykład uczenie się w warunkach niepewności. Pomocą może być sieć neuronowa, cechująca się znakomitymi właściwościami klasyfikacji i generalizacji. Przetworzy ona dane z bazy danych i dostarczy reguł i faktów do bazy wiedzy systemu ekspertowego. Jeśli, na przykład, analiza jest robiona w RDLP to dane z bazy danych wybranych nadleśnictw mogą być pobierane przez



RYC. 3. Ogólny schemat systemu wspomagania decyzji

sieć WAN (ang. Wide Area Network), co bardzo usprawnia i skraca proces przekazywania danych. Potrzebę zaistnienia i korzyści płynące z sieci WAN są wyraźnie rozumiane przez kierownictwo LP (Zieliński J., 2000), (Zieliński J., 2000).

SIZ przeznaczone do bardziej złożonych zagadnień wykorzystują wiele technik wspierających decydenta: informatyczne, matematyczne, zarządzania. Według Rauschera z (Zieliński J., 2000) ogólny schemat takiego systemu przedstawiono na rycinie 3.

Powstające obecnie systemy informacyjne zarządzania zmagają się do łączenia funkcji kilku ww. rodzajów systemów. Potrafią one wspomagać proces decyzyjny w bardziej kompleksowy sposób. W literaturze zachodniej do określenia takich systemów używa się pojęcia

systemy wspierające zarządzanie (ang. Management Support Systems – MSS) (Zieliński Jerzy S., 2000).

Wielofunkcyjność lasów zwiększa złożoność i ważność procesów decyzyjnych zachodzących w zarządzaniu gospodarką leśną. Dotychczas stosowane w LP techniki komputerowe nie są już wystarczające do wspomaganie takich procesów. Nowoczesne technologie informatyczne stwarzają nowe możliwości wspomaganie całego procesu decyzyjnego jak i jego poszczególnych etapów. Na każdym poziomie zarządzania w leśnictwie decydent ma do czynienia z zagadnieniami o różnym stopniu ustrukturalizowania. Jedne są proste lub nie zbyt złożone i dla nich oraz istnieją znane i sprawdzone metody rozwiązania; inne są bardziej skomplikowane, a nawet nowe i bardzo złożone i nie są w sposób jednoznaczny sformalizowane. Procesy decyzyjne powinny być wspomagane właściwymi technikami wychodząc z ich możliwości oraz potrzeb zagadnienia.

Dalszy rozwój SILP nie jest wyłącznie rozwojem systemu informatycznego, jest to rozwój technik wspomagających zarządzanie Lasami Państwowymi. Nowoczesne systemy wspomaganie decyzji dają więcej możliwości w sensie ilościowym i jakościowym niż jedynie transformacja i prezentacja danych.

Korzyści płynące z wykorzystania systemów informacji przestrzennej (SIP) do wspomaganie procesu decyzyjnego dla wielu decydentów w LP są już dawno faktem oczywistym. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji razem z SIP określa jakościowo nowe podejście do procesu wspomaganie podejmowania decyzji o charakterze przestrzennym, cechujących się małym stopniem ustrukturalizowania.

*Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa SGGW
Ul. Rakowiecka 26/30
02-528 Warszawa
e-mail: wiki@giswitch.sggw.waw.pl*

Literatura

1. **Ignizio James P.** Introduction to expert systems. McGraw-Hill Inc., 1991.
2. **Mulawka Jan J.** Systemy ekspertowe. WNT, Warszawa, 1996.
3. **Niedzielska E., Skrawnik M.** (ed.). Projektowanie systemów informatycznych. PWE, Warszawa, 1993.
4. **Olson D. L., Courtney F.** Decision Support Model and Expert Systems. Macmillan Publishing Company, New York, 1992.
5. **Schmoldt Daniel L.** Expert Systems and the Environment. Encyclopedia of Environmental Science, Alexander D. i Fairdridge R. (ed.), str. 243-246. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 1999.
6. **Tomaszewski K., Zieliński J.** Prognoza rozwoju systemu informacji przestrzennej w inwentaryzacji i monitorowaniu stanu lasu w Lasach Państwowych. Postępy Techniki w Leśnictwie, nr 73. Wydawnictwo Świat, Warszawa, 2000.

7. **Turban E.** Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems. Macmillan, New York, 1993.
8. **Zieliński J.** Jak funkcjonuje SILP? Głos Lasu. nr 10, 2000.
9. **Zieliński J.** Założenia rozbudowy systemu informatycznego Lasów Państwowych. Biblioteka Leśniczego, zeszyt 127. Wydawnictwo Świat, Warszawa, 2000.
10. **Zieliński Jerzy S.** Inteligentne systemy w zarządzaniu. Teoria i praktyka. WNT, Warszawa, 2000.

Summary

Modern tools supporting the decision process in forestry

Multiple functionality of forests increases complexity and importance of decision processes occurring at managing the forest economy. In the decision process one is to do with decisions of different degree of structuring. Well-structured and partly-structured decisions can effectively be supported with multiple and well know information systems for management (SIZ). Well structured decisions are characteristic for their routine iterative non-alternative solutions and the solution methods and techniques are well know and simple. The TPS, OAS, and MIS systems suit best supporting undertaking of decisions of such a type. Partly-structured decisions are characteristic for their considerable variability, necessity of accounting on many criteria and they are being undertaken in risk conditions. Such systems as DSS, MIS, EIS, and SE can be used for supporting such decisions. In a case when the knowledge on a problem is not complete and uncertain, occurs in the form of heuristics rather than well-defined algorithmic procedures – then the use of one of artificial intelligence methods to support decisions is the best solution. These methods have potentials for solving poorly structured problems.