

ROMAN JANAS
WSP Szczecin

STRUKTURALIZACJA WIEDZY Z MATERIAŁOZNAWSTWA I METODY JEJ OPTYMALIZACJI

Proces dydaktyczny wymaga aktywizacji studentów w procesie nauczania i uczenia się poprzez integrację, transfer i strukturalizację wiedzy oraz poprzez realizację zasad nauczania, uwzględniających w szerszej mierze postęp techniczny w dziedzinie przekazu informacji, np. zasadę programowania i regulacji procesu uczenia się, szybkiej kontroli postępów w nauce oraz poprzez stosowanie różnych form i metod nauczania¹.

Poczynania nauczycieli winny być nastawione na aktywność studentów w sferze intelektualnej, emocjonalnej oraz w sferze działania. Słusznie podkreśla W. Okoń, że pierwszą cechą studenta nowoczesnej szkoły jest aktywność². Aktywność opiera się na pozytywnej motywacji, ułatwiającej wszelkie decyzje w sprawie podejmowania zadań szkolnych i ich wykonywania.

W nauczaniu tradycyjnym nauczyciel podaje w wykładzie dużą ilość informacji, z tym że w przyswajaniu ich biorą udział tylko nieliczni słuchacze. Inaczej jest w nauczaniu programowym, gdzie po opracowaniu każdej części informacyjnej materiału następuje natychmiastowa kontrola wyników nauczania i uczenia się, reguluje się przebieg tego procesu. Programowanie blokowe jest systemem otwartym i to z dwu przynajmniej względów. Po pierwsze jest ono w stanie adaptować i spożytkować wielki postęp w nauczaniu programowym. Po drugie stwarza możliwość pełnego uwzględnienia integralnej wiedzy, zdobytej różnymi drogami uczenia się³.

Opok dróg zdobywania wiedzy na wyniki nauczania ma duży wpływ układ przedmiotów i dobór treści. Obowiązujący w programach nauczania układ przedmiotowy w swej obecnej postaci nie odpowiada potrzebom współczesnej szkoły. Stwarza on sztuczne bariery między przedmiotami, dyscyplinami naukowymi. Nie rezy-

gnując z układu przedmiotowego, należy ten układ zmodernizować. Wielu nauczycieli, poczuwając się do wyłącznej odpowiedzialności za efekty nauczania tylko własnego przedmiotu, nie uwzględnia związków międzyprzedmiotowych jako ważnego problemu. Takie nauczanie utrudnia poznanie i zrozumienie pojedynczych faktów.

W nauczaniu przedmiotu zawodowego, jakim jest materiałoznawstwo, szczególnie pożądanym jest uwzględnienie związków między przedmiotami, np. wielostronne poznanie budowy atomu zawdzięczamy wielu dyscyplinom a przede wszystkim chemii, fizyce i matematyce. Należy więc przy doborze treści kształcenia uwzględniać postulat korelacji treści różnych przedmiotów nauczania.

Niekiedy wystarczy korelacja czasowa oparta na założeniu, że nauczanie pewnych działów danego przedmiotu musi wyprzedzać w czasie nauczanie określonych działów innego przedmiotu, np. roztwory, związki chemiczne i fazy z materiałoznawstwa winna wyprzedzać chemia. Znacznie częściej niezbędna jest korelacja przyczynowo-skutkowa, polegająca na tym, że aby zrozumieć dane zjawiska, np. metody klasyfikacji ziarna materiałów ściernych, należy obok wiadomości z materiałoznawstwa posiadać wiedzę z innych przedmiotów: z chemii, fizyki i matematyki.

O ile korelację pierwszego rodzaju można zapewnić przez bardzo skrupulatne i umiejętne rozłożenie w czasie materiału z różnych przedmiotów, o tyle drugi rodzaj wymaga od nauczyciela, aby poza jednym lub dwoma przedmiotami własnej specjalizacji miał poważną wiedzę ogólną i szeroko ją wykorzystywał do wiązania wiadomości z różnych przedmiotów, tworząc układy integrujące wiedzy⁴. Taka korelacja sprzyja nie tylko transferowi wiedzy jednego przedmiotu do nauczania innych ale rozwija i rozbudza myślenie naukowe, pozwala zrozumieć, na czym polega wielorakie teoretyczne i praktyczne stosowanie wiedzy.

Przedmiotem działalności poznawczej z materiałoznawstwa należy czynić problemy, których rozwiązanie wymaga posługiwania się wiedzą z dziedziny różnych przedmiotów. Ogromna większość problemów ma charakter kompleksowy, tzn. jest przedmiotem badań wielu różnych dziedzin naukowych. Biorąc pod uwagę, że studenci stykają się z reguły z rzeczywistością zintegrowaną, a poz-

nanie jej i zrozumienie jest możliwe wówczas, kiedy potrafią równocześnie posługiwać się wiedzą i umiejętnościami z zakresu wielu dyscyplin naukowych, należy ich poprzez rozważanie problemów z różnych punktów do takiej działalności poznawczej odpowiednio przygotować⁵.

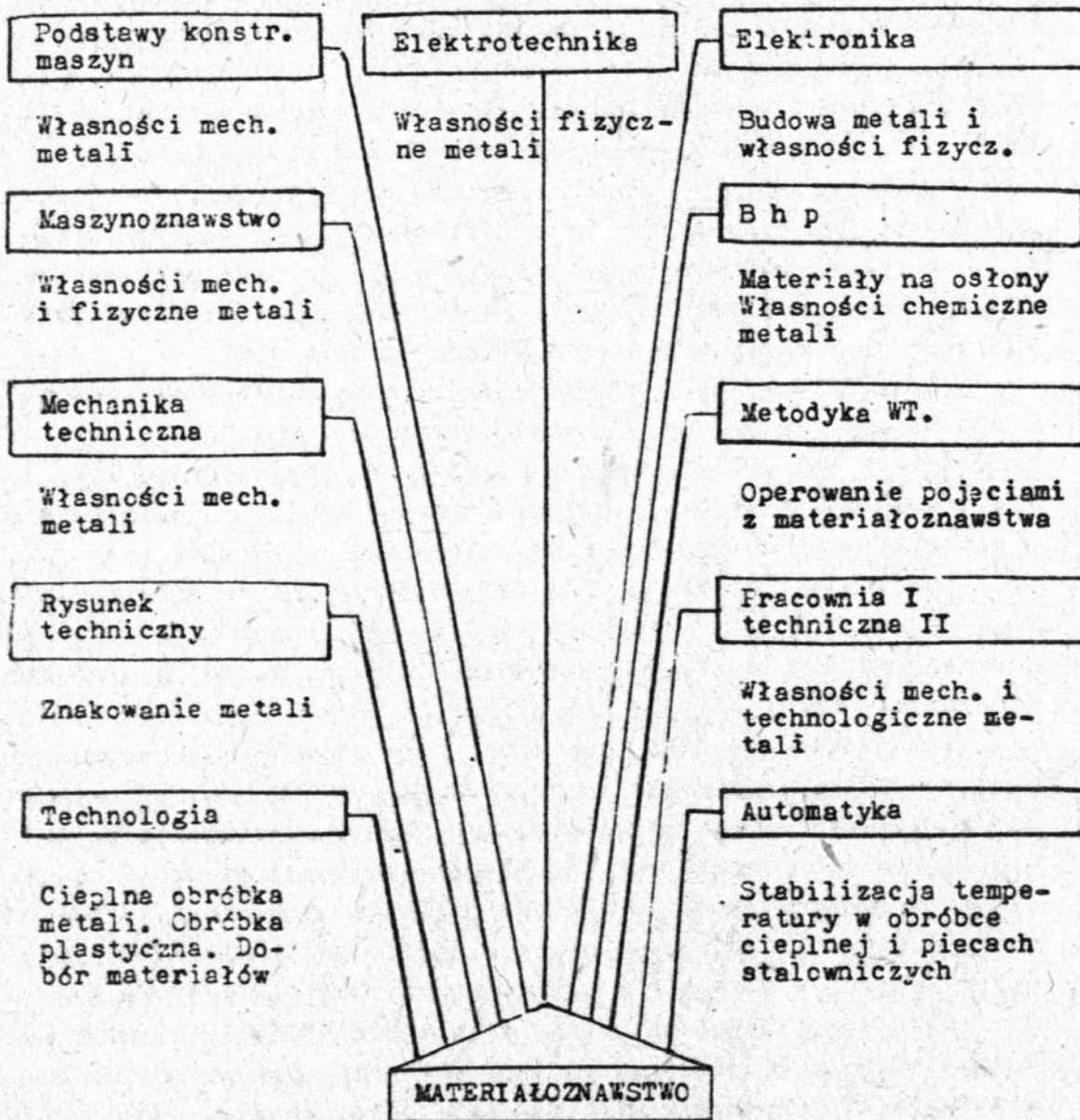
Od uczelni wymagano zawsze nie tylko wyposażenia studenta w pewien system wiedzy, ale również takiego kształcenia zdolności poznawczych, by były one przydatne w różnych sytuacjach życiowych. Ponieważ trudno przewidzieć wszystkie możliwe sytuacje, w jakich człowiek może znaleźć się i do nich przygotować, dlatego musi on przenosić znaną wiedzę i umiejętności na kształtowanie się innych, proces ten nazwano transferem⁶.

Transfer może być dodatni, jeżeli nabyte wiadomości ułatwiają opanowanie nowych i ujemny, jeżeli utrudniają⁷. W badaniach nad transferem stwierdzono, że przy uczeniu się transfer nie dokonuje się automatycznie w chwili pojawienia się w materiale nauczania wspólnych składników, ale tylko wtedy, kiedy uczący się dostrzeże ich sens. Również na transfer oddziałują różne czynniki: wiek uczącego się, zdolności umysłowe, chęć uczenia się danych treści, akceptacja pewnych metod, nastawienie i uczucia.

Stosowanie wcześniej poznanych praw naukowych w nowych sytuacjach ma ogromny wpływ na poprawę wyników nauczania, na rozwój zdolności poznawczych. Uzyskana w ten sposób wprawa przenosi się na inne przedmioty nauczania, ponieważ studenci zdobyli metodę pracy. Transfer nie następuje tu automatycznie, ale jest on wynikiem świadomej pracy studenta nad zdobyciem metody uczenia się i w stosowaniu naukowych praw w praktyce. Metodę pracy zdobywa student w oparciu o konkretne treści, które samodzielnie sobie przyswoił i stosuje w konkretnych sytuacjach i zadaniach⁸. Praca z konkretnym materiałem ma dla studenta wyraźny sens, gdy jej cel jest dla niego widoczny. Transfer wiadomości z materiałoznawstwa odbywa się prawie do każdego przedmiotu, co obrazuje schemat 1.

K. Piłajko⁹ określa integrację jako scalenie czynności składowych. Obejmuje ona wszystkie elementy danego działania, mającego wpływ na osiągnięcie określonego celu i polega na włą-

czeniu elementów, które nawzajem się wspomagają a wyłączeniu elementów zbędnych, utrudniających zadanie.



Schemat 1. Transfer wiedzy z materiałoznawstwa w procesie studiów nauczycielskich

Z powyższych rozważań jasno wynika, że integracja wiedzy jest czynnikiem koniecznym w procesie strukturalizacji wiado-

mości. Dzięki integracji składniki wiedzy opanowane w różny sposób są połączone w pewną logiczną całość, tworząc strukturę uporządkowaną.

Strukturalizacja treści procesu nauczania ułatwia przyjmowanie, przetwarzanie i zapamiętanie wiedzy. Pobudza do twórczego myślenia, ułatwia zrozumienie i pełne przyswojenie wiadomości i dostosowanie ich do najnowszych zdobyczy nauki i techniki.

W nauczaniu przedmiotów technicznych treści kształcenia są bardziej zrozumiałe i łatwiej studenci je zapamiętują, gdyż są usystematyzowane w struktury, z tym, że związki przyczynowo skutkowe powinny występować w nich na planie pierwszym, przed związkami czasowo-przestrzennymi¹⁰.

Zagadnienie struktury budzi coraz większe zainteresowanie przy doborze treści programów szkolnych, sposób bowiem układania treści tych programów wpływa w dużej mierze na wyniki nauczania. Struktura odgrywa doniosłą rolę w uczeniu się i dlatego powinna stać się dominującym czynnikiem w nauczaniu¹¹.

Zasada strukturalizacji treści zakłada kształtowanie w świadomości studentów systemów odpowiednio zintegrowanej wiedzy przez wydobycie z danego przedmiotu jego istotnych elementów, dzięki czemu student zdobywa umiejętności uzupełniania wiedzy szczegółowymi informacjami w drodze samokształcenia. Potrzebę strukturalizacji materiału nauczania J. Bruner uzasadnia tym, że nadmierna ilość szczegółowych informacji i ich dowolny, luźny układ zmusza studenta do mechanicznego zapamiętywania treści, a nauczyciela do podawania dużej ilości wiadomości bez dostatecznego ich opracowania. Nie sprzyja to trwałości wiedzy.

Rozumienie struktury nauki z punktu widzenia jej całości, polega na ogarnięciu możliwie jednym aktem myślowym tej całości od strony praw, podstawowych zasad, stanowiących jej istotę¹². Zdaniem K. Sośnickiego należy odciążyć programy nauczania z niepotrzebnego balastu i uczynić je "strawnymi" dla studentów gdyż uczelnia z trudem przerabia program, studenci mają do zapamiętania zbyt dużo szczegółów, a na rozwój myślenia brak czasu. Należałoby treści każdego przedmiotu nauczania podzielić na elementy podstawowe o trwałej wartości naukowej i kształcącej

oraz na elementy wtórne niekoniecznie potrzebne studentom.

Strukturą nazwamy taki dobór i układ treści, w których elementy składowe powiązane są ze sobą w sensowne całości przez związki wynikające z ogólnych pojęć, praw naukowych i podstawowych zasad danej dyscypliny nauki oraz przez związki przyczynowo-skutkowe genetyczne i funkcjonalne¹³. Istota koncepcji strukturalizmu polega więc na odciążeniu studentów od nadmiaru wiedzy encyklopedycznej i na dostarczaniu im podstawowej wiedzy ogólnej oraz umiejętności myślenia i działania praktycznego, aby potrafili korzystać z nich w praktyce życiowej i zdobywać wiedzę i umiejętności praktyczne. Przy tym ważne jest, aby struktury były usystematyzowane hierarchicznie, czyli tak, aby struktura w szerszym zakresie była podporządkowana strukturze o węższym zakresie. Każda ze struktur może zawierać materiał tylko do przyswojenia albo też może stać się problemem do rozwiązania.

J. Bruner twierdzi, że uczenie się struktur¹⁴ czyni przedmiot bardziej zrozumiałym, zwiększa trwałość zapamiętywania, prowadzi do swoistego transferu ćwiczeń, zmniejsza przepaść między wiedzą zaawansowaną a elementarną. Wymienione efekty można zrealizować przez wprowadzenie do zakresu treści programowych przedmiotu nauczania wiadomości o strukturze odpowiadającej mu dziedziny nauki, przez stałe wiązanie podawanych treści nauczania ze szkieletem strukturalnym danej nauki, ukierunkowanie nacisku na opanowanie twierdzeń bardziej ogólnych obejmujących grupę twierdzeń szczegółowych. Nieprzestrzeganie tych rozwiązań dydaktycznych tworzy w umysłach studentów chaos pojęciowy komplikujący proces uczenia się.

Strukturalizację wiedzy można określić jako ciąg działań związanych z doбором i uporządkowaniem treści w celu wyróżnienia z całości materiału ściśle ze sobą powiązanych układów. Wytyczą one drogę, która ukazuje wiadomości podstawowe, dokoła których grupują się treści pochodne.

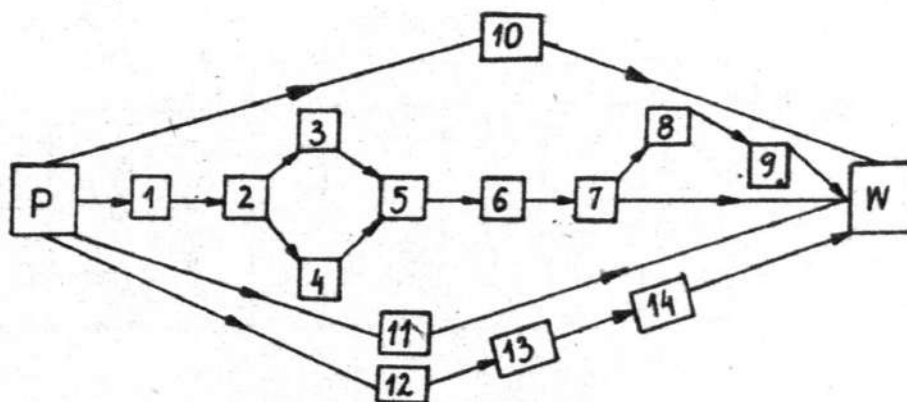
Nauczanie i uczenie się jest dojrzwaniem psychicznym do zdobywania coraz większego zakresu nauki, jest również dopracowywaniem się struktury. Strukturę tę buduje student na podstawie wskazówek wykładowcy, który stopniowo ją odsłania w procesie nauczania. Jest to struktura narastająca, dynamiczna

i otwarta¹⁵. Narasta tak długo, jak długo trwa proces kształcenia, a dynamiczna, ponieważ wiedza w procesie nauczania jest porządkowana według wzrastającej złożoności. Gdy materiał jest różnorodny, łatwiej osiąga się wystarczającą wyrazistość struktury. Sprawa się komplikuje, gdy przedmiot nauczania zawiera różnorodną tematykę, jak np. materiałoznawstwo na kierunku wychowania technicznego.

Program nauczania materiałoznawstwa w WSP na kierunku Wychowania Technicznego obejmuje tematykę: 1 Struktura metali i stopów, 2 Struktura stopów metali, 3 Własności metali, stopów i tworzyw, 4 Badania struktur materiałów, 5 Stopy żelaza z węglem, 6 Obróbka cieplna stali, 7 Obróbka cieplno-chemiczna stali, 8 Stopy metali nieżelaznych, 9 Troszki metali i ich spieki, 10 Tworzywa sztuczne, 11 Drewno i jego przeroby, 12 Szkło i ceramika, 13 Materiały ściernie i polerskie, 14 Inne materiały niemetalowe /pomocnicze/.

Tematy, które treściowo można ująć w jedną strukturę to 1. do 8. włącznie. W tematach tych kolejno zastosowana jest zasada stopniowania trudności i jest przejście od wiadomości elementarnych o strukturze metalu, do bardziej złożonych, jak struktura stopów i jej odmiany.

Zależności powyższe można przedstawić za pomocą grafu zorientowanego, gdzie liczby odpowiadają numeracji tematów w programie. /schemat 2./.



Schemat 2. Graf zorientowany w układzie treści w programie studiów z materiałoznawstwa.

P - program materiałoznawstwa,
W - wiedza opanowana w formie struktury.

Tematy 8. i 9. tworzą odrębną strukturę; jak 10 czy 12, 13 i 14 temat, ale stosowana jest w nich ta sama terminologia, a więc podporządkowane są głównej strukturze.

Ustalenie struktury dynamicznej jest zwykle zabiegiem złożonym. Można to prześledzić na przykładzie układu treści programowych działu "Materiały ściernie i polerskie".

W temacie tym występuje charakterystyka materiałów ściernych i polerskich, diamentu, węglika boru, elektrokorundu.

Wśród jednorodnych wiadomości mniej istotnych, występują również informacje podstawowe. Są to wiadomości o cechach mechanicznych, jak twardość, wytrzymałość i zdolność ścierna. Wymienione własności mają podobny układ, ale w każdym materiale ściernym różnią się tylko wysokością parametrów twardości, wytrzymałości i zdolności ścierniej. Jeżeli zachowamy pokazaną strukturę, wiele wiadomości powtarza się. Wiadomości podobne występują w niedogodnej sytuacji, bo zacierają się podobieństwa /schemat 3./.

Korzystniejsza struktura jest pokazana na schemacie 4. W tej sytuacji wiadomości podstawowe znalazły się w dogodniejszej sytuacji, one dominują i są elementem dynamizującym.

Schemat 3.

Diament			Węglik boru			Elektrokorund		
Twardość	Wytrzyma- łość	Zdolność ścierna	Twardość	Wytrzyma- łość	Zdolność ścierna	Twardość	Wytrzyma- łość	Zdolność ścierna

Twardość			Wytrzymałość			Zdolność ścierna		
Diament	Węglík boru	Elektrokorund	Diament	Węglík boru	Elektrokorund	Diament	Węglík boru	Elektrokorund

W konsekwencji można by ustalić następującą kolejność budowania struktury o narastającej dynamiczności¹⁶:

- 1 - wydzielenie najmniejszych wiadomości tematu, rozdziału,
- 2 - ustalenie wśród nich elementów podobnych i różniących się,
- 3 - określenie, który element przeważa: różnice czy podobieństwa,
- 4 - ustalenie głównego wątku struktury,
- 5 - ustalenie związków w wątkach i między wątkami,
- 6 - określenie kolejności tematycznej na podstawie wymienionych elementów.

Student powinien być zorientowany w strukturze treści, jej złożoności i dynamice. Zwykle jest to przypisane nauczycielowi. W. Szewczuk¹⁷ radzi, by narastająca wiedza w umyśle ucznia była tak kształtowana przez nauczyciela, aby każdy nowy czynnik wrażał w sposób właściwy w dotychczasowy system wiedzy, oraz prawidłowo wiązał się ze strukturą, a student był świadomy tego wiązania, przynajmniej ważniejszych składników.

Analizując metody badań nad strukturalizacją i porządkowaniem treści, możemy coraz częściej zaobserwować zastosowanie metod matematycznych, do których zaliczamy metodę grafów i macierzy¹⁸.

Wykorzystując metodę grafów do analizowania materiału nauczania traktujemy badany tekst jako zbiór wiadomości X, pomiędzy którymi zachodzą określone powiązania definiujące odwzorowanie T. Wiadomości oraz związki zachodzące pomiędzy nimi są reprezentowane odpowiednio przez wierzchołki i krawędzie grafu. Jeżeli mają one charakter wynikania, podrzędności lub nadrzędności, oznaczamy na krawędzi grafu strzałką kierunek, w jakim

zachodzi związek między odpowiednimi wiadomościami.

Na rysunku przykładowo przedstawiono graf dla sześciu wiadomości podstawowych $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$.

Tak więc $X = X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$.

Odwzorowanie T zadane jest następująco:

$$TX_1 = X_2, X_3, X_5$$

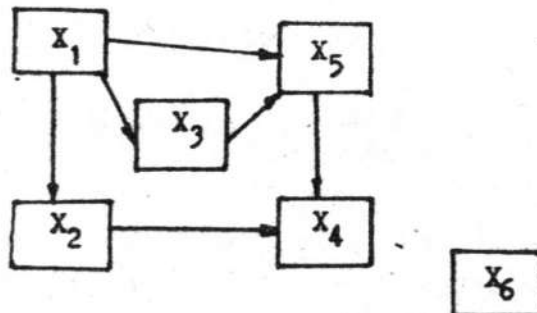
$$TX_2 = X_4$$

$$TX_3 = X_5$$

$$TX_4 = \emptyset$$

$$TX_5 = X_4$$

$$TX_6 = \emptyset$$



gdzie \emptyset oznacza Schemat 5. Graf do sześciu wiadomości podstawowych zbior pusty

Na powyższym przykładzie zauważamy relacje wskazujące na powiązania między sobą wiadomości X_1 i X_2 , X_1 i X_5 , X_1 i X_3 , X_2 i X_4 , X_3 i X_5 . Nie ma relacji między X_6 a pozostałymi elementami zbioru, co świadczy o braku związku z pozostałymi wiadomościami.

W takim wypadku wiadomości X_6 możemy wykluczyć z tekstu lub podać je na samym początku. Dalsza analiza wskazuje, że do zrozumienia wiadomości X_4 należy znać informacje X_2 i X_5 .

Trzy dącej ilości informacji jest łatwiej przedstawić zachodzące związki metodą macierzową, reprezentującą graf. Pozwala ona również na graficzne przedstawienie wzajemnych związków. Podobnie jak przy grafach pracę rozpoczynamy od ustalenia listy wiadomości podstawowych.

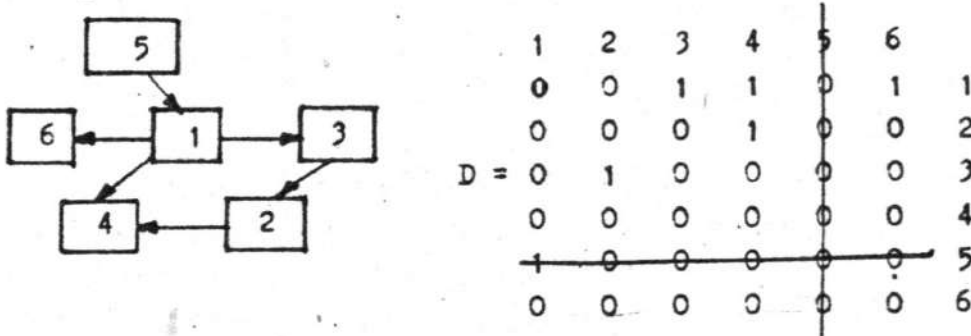
W naszym przypadku graf zorientowany będzie odpowiadał macierzy niesymetrycznej, w której posłużono się oznaczeniem "zero-jedynkową". W macierzy liczba wierszy i kolumn odpowiada liczbie wiadomości analizowanego tekstu.

Elementy macierzy mogą przyjmować wartość 0 lub 1.

I tak: jeżeli wiadomość X_1 wymagana jest dla zrozumienia wiadomości X_2 , na grafie zaznaczamy to strzałką łączącą punkty X_1 i X_2 .

$$X_1 \longrightarrow X_2$$

Tę samą zależność między wiadomościami X_1 i X_2 oznaczamy w macierzy "zero-jedynkowej", stawiając 1 na przecięciu X_1 wiersza z X_2 kolumną. Sposób analizy macierzowej ilustrujemy poniżej.



Schemat 6. Graf zorientowany odpowiadający macierzy D

Kiedy analizujemy wiersz /a/ macierzy /D/ odpowiadający /a/ wiadomości, to jedynki znajdujące się na przecięciu z odpowiednimi kolumnami odpowiadają tym wiadomościom /3, 4, 6/, dla których zrozumienia należy znać informację zawartą w /a/.

Jeżeli będziemy analizować kolumnę /b/, to jedynki znajdujące się na przecięciu z odpowiednimi wierszami /1, 2, 6/ wskazują na te wiadomości, na których opiera się wiadomość /b/.

Informacje zawarte w macierzy pozwalają nam uzyskać dane na temat właściwej kolejności podawania analizowanych wiadomości. W tym celu sprawdzamy, czy w macierzy występują kolumny zawierające same zera. Jeśli tak, to wiadomości odpowiadające tej kolumnie nie wymagają dla jej zrozumienia znajomości żadnej z pozostałych wiadomości. Może być zatem umieszczona na początku tekstu, bądź też z niego usunięta. Na macierzy zaznaczamy to w postaci danej kolumny i wiersza odpowiadającego tej wiadomości.

Na naszym przykładzie będzie to kolumna /5/; po jej wykreśleniu otrzymujemy macierz D_1 .

Czynność tę będziemy powtarzać dopóty, dopóki macierz nie będzie posiadała kolumn składających się z samych zer.

Odpowiednio będziemy otrzymywać macierze $D_1, D_2, D_3 \dots$ itd.

$$D_1 = \begin{array}{cccccc|c} 1 & 2 & 3 & 4 & 6 & & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & & 6 \end{array}$$

$$D_2 = \begin{array}{cccc|c} 2 & 3 & 4 & 6 & \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 6 \end{array}$$

$$D_3 = \begin{array}{ccc|c} 2 & 4 & 6 & \\ \hline 0 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 6 \end{array}$$

$$D_4 = \begin{array}{cc|c} 4 & 6 & \\ \hline 0 & 0 & 4 \\ 1 & 0 & 6 \end{array}$$

$$D_5 = \begin{array}{c|c} 4 & \\ \hline 1 & 4 \end{array}$$

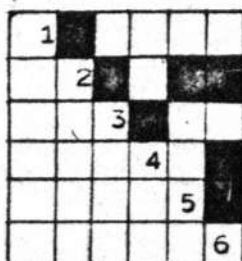
W przedstawionym przykładzie kolejność wiadomości zawartych w tekście powinna być: 5, 1, 3, 2, 6, 4.

Macierz dla tak zbudowanego tekstu przybiera postać macierzy trójkątnej, co świadczy o prawidłowości rozmieszczenia wiadomości w tekście.

$$D = \begin{array}{cccccc|c} 5 & 1 & 3 & 2 & 6 & 4 & \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \end{array}$$

Tak przeanalizowaną macierz możemy przedstawić w postaci zakratowanego kwadratu, w którym liczba kretek w każdym boku odpowiada liczbie rozpatrywanych wiadomości.

Numery wiadomości wpisujemy na przekątnej tzw. linii definicji macierzy. Następnie ustala się i nanosi na macierz, np. w postaci zaczerwień lub kropek związki między poszczególnymi twierdzeniami.



Schemat 7. Macierz w postaci kwadratu /macierz trójkątna/.

Jeżeli na macierzy występują zaciemnione kratki, leżące obok linii definicji i kolejno następujące po sobie, to świadczy, że obrana kolejność twierdzeń jest nie tylko prawidłowa, lecz również jedynie możliwa. Każda zmiana spowodowałaby brak więzi pomiędzy kolejnymi twierdzeniami. Występowanie zaciemnionych pól poza linią, leżącą obok przekątnej rysunku świadczy o możliwości wprowadzania zmian w kolejności eksponowania wiadomości. Białe pola obok przekątnej świadczą o braku związków pomiędzy następującymi po sobie twierdzeniami i wskazują na konieczność wprowadzenia zmian w układzie analizowanego tekstu. Może to być bowiem rezultatem opuszczenia bądź też nieprawidłowej kolejności twierdzeń czy też włączenia twierdzenia złożonego.

Do ustalenia, czy liczba białych pól, świadcząca o braku więzi pomiędzy sąsiadującymi wiadomościami jest możliwa do przyjęcia, służy tzw. "wskaźnik optymalności", proponowany przez radzieckich badaczy¹⁹.

Wskaźnik ten obliczamy następująco:

$$P = \frac{n - 1 - v}{n - 1} \cdot 100 \%$$

gdzie:

P - wskaźnik optymalności,

n - liczba rozpatrywanych wiadomości,

v - liczba brakujących związków między sąsiednimi wiadomościami.

Przy idealnym ułożeniu wiadomości współczynnik optymalności wynosi 100 %. Jeżeli $P < 80 \%$ - kolejność wiadomości można uznać za prawidłową przy $P > 80 \%$ - należy zrewidować cały materiał i usunąć przyczyny braku powiązań pomiędzy kolejnymi twierdzeniami opracowanego tematu.

Systematyzacja wiadomości wynika z postulatów naukowej organizacji pracy pedagogicznej. Systematyczność w doborze i układzie treści realizuje się poprzez porządkowanie materiału w ten sposób, aby tworzył on pełną całość i nie było w nim niepotrzebnych powtórzeń. W układzie takim powinien być materiał nauczania uporządkowany w sposób logiczny²⁰. Jeżeli fragmenty treści nau-

czenia nie wynikają logicznie z siebie to informacja może stać się niezrozumiała.

Podział ogólnych treści kształcenia na składniki elementarne stanowi pierwszy krok w naszych poczynaniach do grupowania materiału według zasady logicznej kolejności.

Każde treści kształcenia w rozważanym przedmiocie zawierają elementarne części materiału nauczania ze sobą związane, odnoszące się do tej samej dziedziny zjawisk.

Systematyzacja w układzie kształcenia przedmiotów zawodowych polega przeto na takim układzie treści, który respektuje wspólne cechy poszczególnych elementów składających się na treść nauczanego przedmiotu. Dzięki temu treści stanowią całość, a sposób ich zgrupowania jest łatwiejszy do zrozumienia dzięki łączącym związkom logicznym, łatwiej go będzie się przyswajać, utrwalac i operować nim w działaniach umysłowych lub praktycznych.

Student wykonuje pewne prace, a zwłaszcza uczenie się - w układzie liniowym, jednak nieoznacza to wcale, że struktura określonego działania musi być liniowa. Z reguły jest ona wielopłaszczyznowa, a problem polega na umiejętnym sprowadzeniu jej do układu liniowego, możliwego do realizacji przez człowieka²¹.

W opraciu o reguły systematyczności T. Nowackiego²² możemy sformułować pewne zasady, które będą pomagały nam w osiągnięciu systematyzacji rozpatrywanych treści nauczania.

1. Ujmowanie materiału we właściwej i określonej kolejności zgodnie z logiką samego programu.
Przestrzegając tę zasadę osiągniemy związanie w świadomości odbiorcy poszczególnych informacji w pewną całość stanowiącą logiczny układ, który gwarantuje zrozumienie i trwałość przerabianego materiału.
2. Właściwy podział materiału na odpowiednie elementy wiedzy.
3. Stałe wskazywanie zależności i relacji między elementami wiedzy, przez co osiągniemy integrację wiedzy i wewnętrzne usystematyzowanie.
4. Wiązanie poszczególnych elementów w całość.

Przed przystąpieniem do planowania i analizy sieciowej niezbędne jest właściwe sporządzenie rejestru wiadomości na

rozpatrywany przez nas temat. Konstrukcja rejestru wiadomości badanych treści dla potrzeb planowania i analizy sieciowej ze względu na swoją specyfikę eliminuje problem utrzymania, ustalenia ich w całkowitej kolejności logicznej²³.

Przedstawiając przykładowy rejestr elementów wiedzy na temat /"struktura stopów"/ /tabela 1./ starano się dostosować do żądanych kryteriów porządkowych.

W trzeciej i czwartej rubryce dokonana została analiza zależności poszczególnych składników elementarnych wiedzy w stosunku do siebie, z ustaleniem, jaki składnik warunkuje możliwość rozpoczęcia nauczania każdego z analizowanych elementarnych składników wiedzy. Np. Zagadnienie nr 4 - Faza określonego stopu, powinno być poprzedzone zagadnieniem nr 3. Podział stopów metali.

Rejestr wiadomości dla rozdziału "Struktura stopów"

Tabela 1.

Lp.	Elementarne składniki wiedzy rozdziału tematycznego	Elementarne składniki bezpośrednio poprzedzające	Elementarne składniki bezpośrednio następujące
1	2	3	4
1.	Pojęcie stopu	-	2,15
2	Warunki powodujące ścisłe określenie rozmieszczenia atomów w sieci przestrzennej kryształów	1,15	3
3	Podział stopów metali	2,2	4,5,6,10
4	Faza określonego stopu	3	5
5	Pojęcie mieszaniny i jej powstawanie	4	6
6	Budowa struktury roztworów stałych	5	7
7	Roztwory stałe równowężłowe i międzywęzłowe	6	8
8	Roztwory stałe nieograniczone	7	9,22,26
9	Roztwory stałe ograniczone	8	22,26
10	Symbole i interpretacja fazy międzymetalicznej	3	11,13

1	2	3	4
11	Specyficzne cechy fazy międzymetalicznej	10	12,
12	Prawdopodobieństwo fazy międzymetalicznej do czystego metalu	11	13,
13	Fazy tworzące układ	12	14,
14	Składniki tworzące substancje proste i złożone	13,	16,
15	Metoda otrzymywania stopów	1	-
16	Metody wyznaczania układu równowagi fazowej	14	17,
17	Układ dwuskładnikowy	16	18,22,23
18	Punkt eutektyczny	17	19
19	Stopy pedeutektyczne	18	20
20	Stopy nadeutektyczne	19	21
21	Pojęcie likwidusu i solidusu	20	22
22	Określenie i wykresy układów równowagi fazowej stopów dwuskładnikowych	8,9,17,21,	23
23	Reguła dźwigni, jako sposób określenia stopunku ilości poszczególnych faz	22	24
24	Układy fazowe stopów trójskładnikowych i sposób ich przedstawiania	17	25
25	Zachowanie się składników w stanie stałym w stosunku do siebie	24	26
26	Analiza przypadków rozpuszczalności składników i ich wykresy	8,9,25	-

Okazuje się, że w rozpatrywanym rejestrze istnieje pojęcie równoległego następstwa informacji, np. zagadnienie nr 5 - pojęcie mieszaniny i jej powstawanie oraz nr 10 - symbole i interpretacja fazy międzymetalicznej. Oznacza to po prostu, że oba te elementy mają odpowiednie przygotowanie i wzajemnie nie są zależne a w praktyce nie ma znaczenia, który z nich będziemy przedstawiać jako pierwszy, a który jako drugi.

Model sieciowy będziemy sporządzać zawsze na podstawie u-systematyzowanych rejestrów elementów treści kształcenia i rozpatrywanego przez nas przedmiotu.

Model sieci dla rejestru według tabeli 1. przedstawia schemat 8.

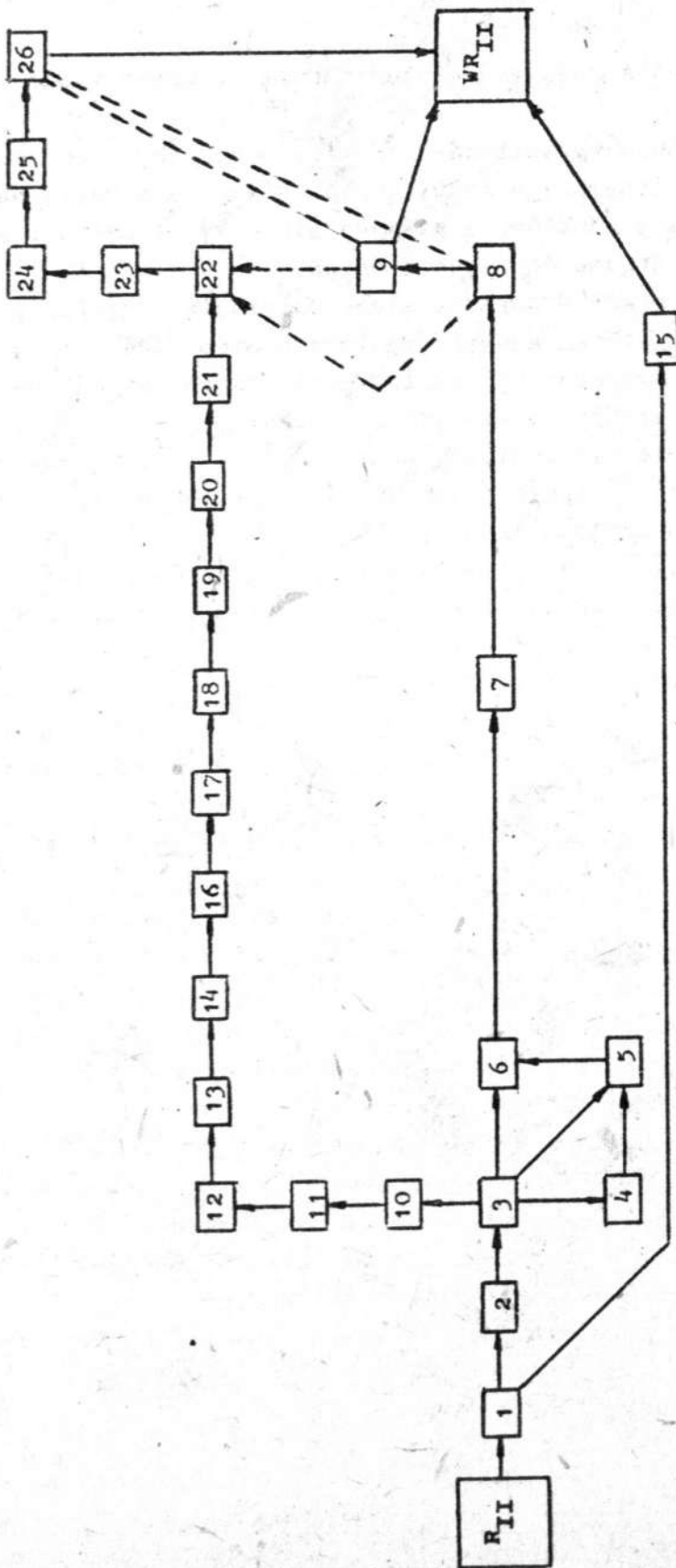
Mając na uwadze wyrazistość struktur projektowanych treści oraz czytelność otrzymanego rozwiązania dążymy do maksymalnego ograniczenia liczby punktów, w których linie ze strzałkami będą się przecinały w drodze do swych zdarzeń.

Plan konstruowany w postaci sieci zależności /grafu/ posiada w porównaniu z planem konwencjonalnym następujące zalety:

- 1/ odzwierciedla w sposób szczegółowy powiązanie wszystkich elementów treści wiedzy rozpatrywanego tematu,
- 2/ ustala dokładnie ich logiczny przegląd i daje poglądowy obraz tej kolejności tj. spełnia jak gdyby rolę rysunkowego modelu procesu nauczania tych treści,
- 3/ pozwala operatywnie uwzględnić zmiany w trakcie projektowania i unikać konieczności wielokrotnego sporządzania grafu w trakcie zmieniania układu treści,
- 4/ ujawnia krytyczne ścieżki elementów wiedzy skorelowanych,
- 5/ pozwala korygować liczne rozwiązania, przy zmianach danych wyjściowych /ocenach wyposażenia i opanowania zasobu wiedzy przez odbiorcę - ucznia, studenta,/,
- 6/ pozwala na uszczegółowienie elementów wiedzy na różnych stopniach w zależności od dalszego ich przeznaczenia,
- 7/ pomaga dokładnie dobierać treści kształcenia, pozwala uniknąć dublowania treści, oczyszcza przedmiot z przestarzałych informacji,
- 8/ pozwala sporządzić skorelowany model sieciowy grafu uwzględniający wszystkie funkcje poszczególnych elementów wiedzy i ustaloną drogę ich przerabiania²⁴.

Z analizy literatury wynika, że problem strukturalizacji treści nauczania ma bardziej organizacyjną naturę niż metodyczną. W porządkowaniu układu treści szerokie zastosowanie mają metody badań operacyjnych, a w tym głównie analizy macierzowej i technik planowania sieciowego oraz algorytmizacji.

Zastosowanie tych metod do struktury analizy treści nauczania powinno dać nam narzędzie badawcze obiektywizujące i przyspieszające poczynania w tym zakresie.



Schemat 8. Model grafu sieciowego dla rejestru według tabeli 1.

Również należy brać pod uwagę strukturę wiedzy opanowanej przez studenta przy doborze zadań do sprawdzianów, co pozwoli uzyskać informację, czy student ma braki strukturalne, na ile są one istotne dla znajomości całej struktury przedmiotu. Nauczyciel, mając rozeznanie na ile te luki w wiadomościach utrudniają opanowanie struktury przedmiotu, może pokierować pracą studenta nad usuwaniem luk.

Wszystkie mankamenty z tworzeniem się luk w opanowanej wiedzy usuwa nauczanie programowe, dzięki któremu właśnie studenci opanowują strukturę wiedzy.

W nauczaniu programowym testy kontrolne powinny być konstruowane w oparciu o macierz trójkąta. Konstrukcja ich narzuca potrzebę porządkowania wiedzy i wskazuje potrzebę opanowania węzłowych ogniw danej struktury wiedzy, które mają zasadnicze znaczenie dla zrozumienia przez studentów treści informacji. Występujące związki między pytaniami w testach ułatwiają studentom orientację w strukturze wiedzy.

M. Kalinowski, analizując badania nad strukturą i integracją wiedzy naukowej oraz potrzebą uwzględnienia jej w procesie nauczania i kontroli wyników nauczania sformułował wnioski²⁵:

1. Stosowanie testów dydaktycznych odpowiednio skonstruowanych powoduje przyrost wiadomości uporządkowanych strukturalnie.
2. Istnieje wysoka korelacja między wiadomościami uporządkowanymi strukturalnie a umiejętnościami rozwiązywania problemów.
3. Wiadomości uporządkowane strukturalnie są bardziej trwałe.
4. Testy dydaktyczne o odpowiedniej konstrukcji kształtują umiejętności wyodrębniania struktur w materiale, który student opanowuje.

Systematyczne stosowanie testów, których konstrukcja oparta jest na strukturze przedmiotu, należy do najlepszych form kontroli wyników nauczania, bo dynamizuje proces uczenia się, a także daje możliwość uzyskania pewnych efektów wychowawczych.

Trwałość wiedzy uczniów może być osiągnięta tylko wówczas, gdy w procesie dydaktycznym stosowana będzie systematyczność, zarówno w podawaniu treści programowych jak i w ich egzekwowaniu.

W oparciu o dokładnie ułożony algorytm, opracowane strukturalnie treści winny dać podstawę do systematycznego przyswajania wiadomości studentów.

Na schemacie 9 przedstawiono interpretacje i sposób realizacji algorytmu w przypadku pracy samodzielnej z programowymi treściami.

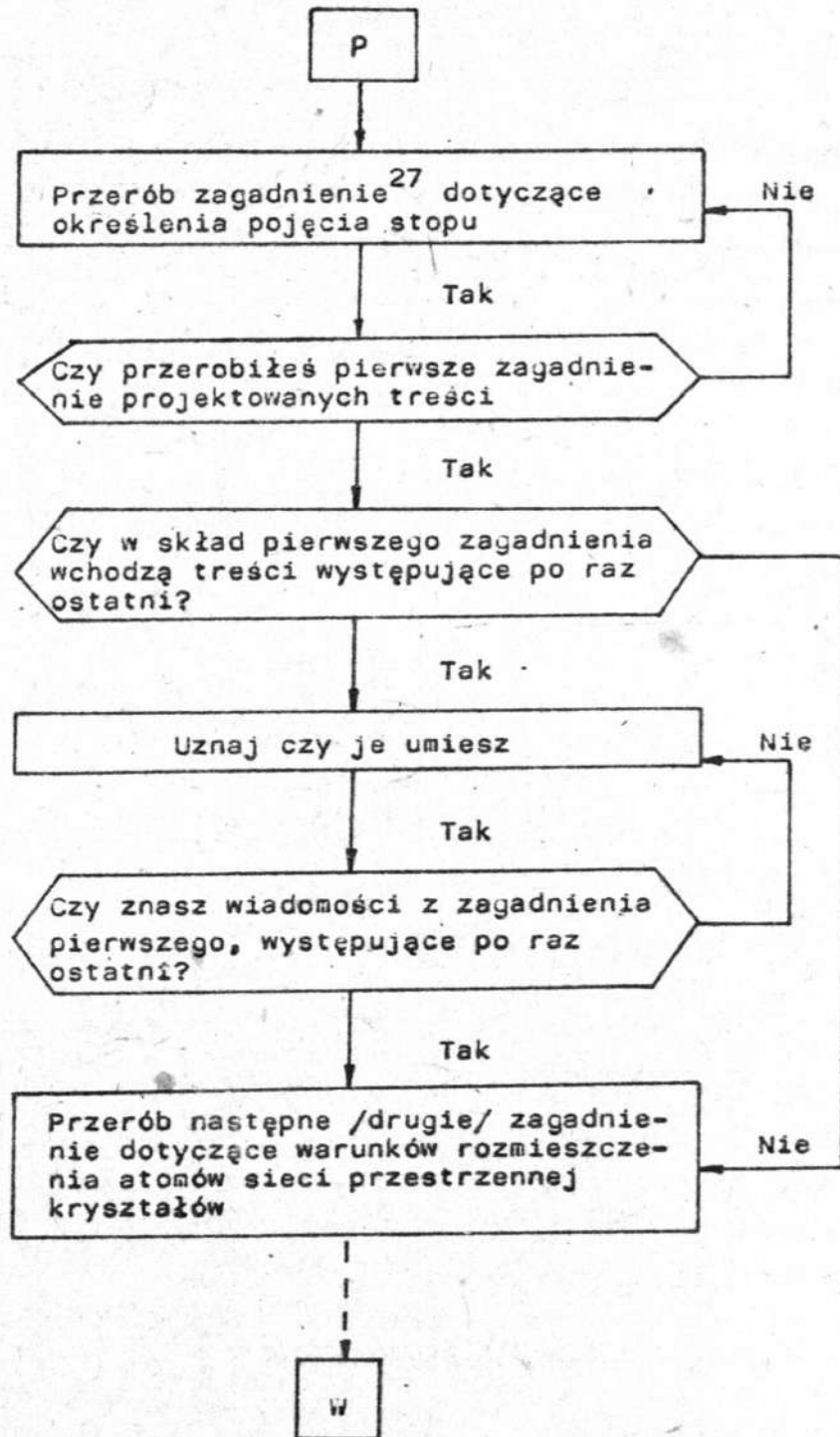
Pytania w przedstawionym algorytmie są sformułowane w taki sposób, że narzucają uczącym się tok postępowania. Np.: pytanie - "czy przerobiłeś pierwsze zagadnienie projektowanych treści i zaliczyłeś z niego wiadomości występujące po raz ostatni?" wskazuje na konieczność przerobienia wszystkich wiadomości występujących w danej jednostce metodycznej, ale zwraca też uwagę na wygzekwowanie tych treści, które występują ostatni raz, ponieważ pozostałe powtarzać się będą w następujących rozdziałach projektowanych treści.

Pozytywna odpowiedź na powyższe pytanie pozwala uczącemu się przystąpić do następnych partii materiału, natomiast odpowiedź negatywna spowoduje, że algorytm cofnie uczącego się do zagadnienia pierwszego, aż spełni on warunki w nim postawione.

Z przedstawionego poniżej algorytmu (schemat 9.), można jedynie wywnioskować, kiedy należy nauczać poszczególnych partii materiału. Stosowanie algorytmu nie ogranicza indywidualnej inwencji nauczyciela w dobieraniu zagadnień pomocniczych.

Twórcą metody algorytmicznej jest psycholog moskiewski L. N. Łanda²⁶, który stwierdza, że aby zapewnić nauczaniu pożądaną skuteczność nie wystarczy wiedzieć, jak uczeń zachowuje się w danej sytuacji, ale trzeba znać psychologiczne podstawy tego zachowania.

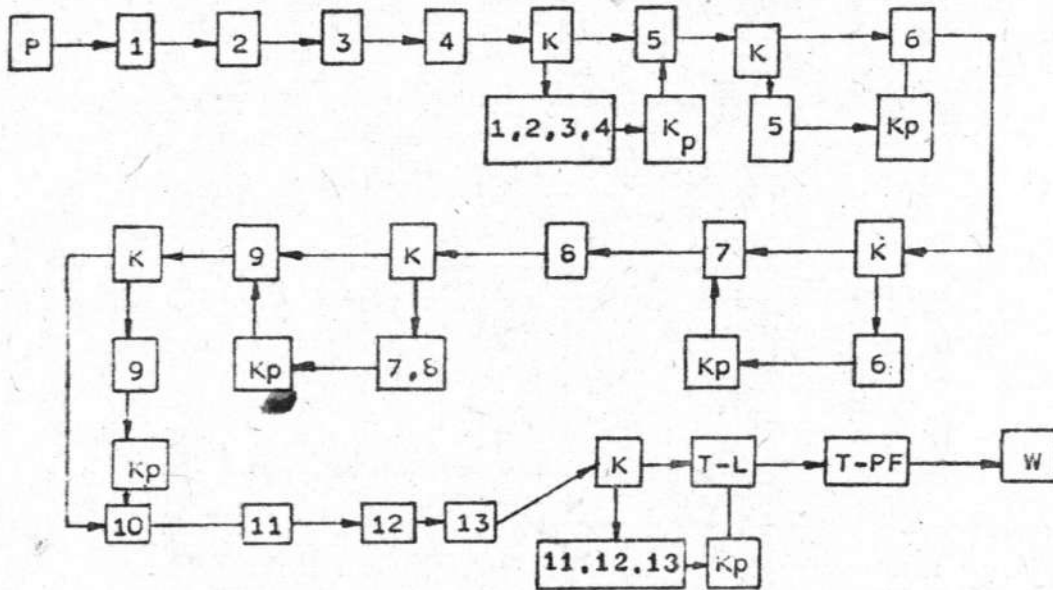
Według L. N. Łandy przy budowie programów należy uwzględnić mechanizmy psychologiczne, tkwiące u podstaw przyswajanych swobodnie przez uczniów wiadomości, umiejętności i nawyków. Algorytm jest niezawodnym przepisem postępowania, gwarantującym rozwiązanie zagadnienia problemowego. Określa on kolejność niezbędnych informacji, a dzięki temu wyklucza zbędne informacje, zabezpiecza przed popełnieniem błędu, który mógłby wprowadzić uczącego się na fałszywy tor²⁸.



Schemat 9. Interpretacja i sposób realizacji algorytmu projektowanych treści.

Schemat 10

Przykładowy liniowy algorytm zabiegów dydaktycznych w procesie nauczania i sprawdzania wyników z przedmiotów zawodowych



- 1 2 - kolejne tematy programu
- K - test wielokrotnego wyboru dotyczący tematów poprzedzających
- 1,2,3 - uzupełnienie braków wykrytych w czasie kontroli
- K_p - sprawdzenie wyników poprawy
- T-L - test luk
- T-PF - test typu prawda-fałsz

Zadania testowe konstruowane na podstawie algorytmu, programu nauczania powinny uwzględniać:

- zgodność kolejności tematów z tematem programu

- dostosowanie treści i sformułowań zadań do metody nauczania i wiodącego podręcznika,
- zasady strukturalizacji treści,
- integrację treści z innymi przedmiotami pokrewnymi.

Zastosowanie zadań testowych jest wielkim ułatwieniem dla nauczycieli, gdyż pozwala w sposób bardzo szybki określić poziom wiedzy studenta oraz wykryć braki w przyswajaniu przez nich określonych tematów.

Nieprzestrzeganie określonego rytmu zarówno w podawaniu wiedzy jak i jej egzekwowaniu może prowadzić do zakłóceń i nieoczekiwanego spadku wyników nauczania. W systematycznej pracy /schemat 10/ nauczyciel prowadzący dany przedmiot dokonuje szczegółowej analizy wyników odpowiedzi na poszczególne tematy, rejestruje je, by następnie korzystając z marginesu czasu uzupełnić wiedzę w tym zakresie.

Może to być dokonane między innymi przez zastosowanie wykładów uzupełniających, albo przez samodzielną pracę studentów, skontrolowaną następnie odpowiednim sprawdzianem.

Konstrukcja testu winna uwzględniać zmiany dynamiczne występujące w świadomości studenta! W miarę rozwoju sytuacji i pokonywania kolejnych stopni trudności testu, do pewnego czasu wzrasta natężenie wysiłku studenta i możliwe jest pokonywanie przez niego "wyższych progów". Później następuje zmęczenie i pewne osłabienie refleksu, a zatem i zadania ostatnie winny być nieco łatwiejsze.

Testy dydaktyczne prawidłowo skonstruowane, uwzględniające strukturę przedmiotu ułatwiają studentom porządkowanie wiadomości, czynią je bardziej zrozumiałymi i łatwiejszymi do utrwalenia. Sprawdzenie wyników nauczania za pomocą testów dynamizuje proces uczenia się i daje jednocześnie możliwości uzyskania oczekiwanych wyników.

PRZYPISY:

- ¹F. Bereźnicki: Aktywizacja uczniów w procesie nauczania przedmiotów matematyczno-przyrodniczych, /w:/ Aktywizacja ucznia w

- procesie dydaktyczno-wychowawczym. Szczecin 1977, s. 85
- ²W. Okoń: Nauczanie problemowe we współczesnej szkole. Warszawa 1975, s. 13
 - ³W. Okoń: Podstawy wykształcenia ogólnego. Warszawa 1976, s. 77
 - ⁴W. Okoń: Słownik pedagogiczny. Warszawa 1975, s. 133
 - ⁵Aktywizacja ucznia w procesie dydaktyczno-wychowawczym. Szczecin 1977, s. 93
 - ⁶L. Bandura: Zagadnienie transferu. Nowa Szkoła 1969, nr 3
 - ⁷T. Nowacki: Podstawy dydaktyki zawodowej. Warszawa 1973, s. 226
 - ⁸L. Bandura: Zagadnienie transferu. "Nowa Szkoła" 1969, nr 3
 - ⁹K. Piłajko: Prakseologia nauka o sprawnym działaniu. Warszawa 1976, s. 248
 - ¹⁰F. Bereźnicki: op.cit., s. 90
 - ¹¹J. Bruner: Proces kształcenia. Warszawa 1964, s. 36
 - ¹²K. Sośnicki: Struktura w procesie nauczania. "Nowa Szkoła" 1965, nr 12
 - ¹³E. Fleming: Unowocześnienie systemu dydaktycznego. Warszawa 1975, s. 111
 - ¹⁴T. Swoboda: Analiza struktury przedmiotu nauczania /w:/ Kształcenie zawodowe. Problematyka i przegląd badań. Warszawa 1968, s. 187
 - ¹⁵F. Polaszek: Podręcznik w szkole zawodowej. Warszawa 1973, s. 140
 - ¹⁶F. Polaszek: Podręcznik w szkole zawodowej. Warszawa 1973, s. 143
 - ¹⁷W. Szewczuk: Psychologiczne podstawy integracji przedmiotów nauczania. "Nowa szkoła" 1970, nr 4
 - ¹⁸Cz. Kupisiewicz, Z. Katulka /red/: Nowoczesny podręcznik. Problemy, propozycje, badania. Studium Pedagogiki XXXVI. Warszawa 1974, s. 25
 - ¹⁹Cz. Kupisiewicz, op.cit., s. 30
 - ²⁰T. Nowacki: Podstawy dydaktyki zawodowej. Warszawa 1977, s. 163
-165
 - ²¹L.A. Jaczynowski: Sieciowe modele nauczania ruchu. Warszawa 1978 s. 7
 - ²²T. Nowacki: Podstawy dydaktyki zawodowej... j.w. s. 266-269
 - ²³L. A. Jaczynowski: Sieciowe modele nauczania ruchu. Warszawa 1978, s. 23-24

- 24 Cz. Dejnarrowicz: Podstawy dydaktyki ogólnej. Warszawa 1977
s. 166
- 25 M. Kalinowski: Dynamiczny wpływ strukturalizacji wiedzy i
testów na proces uczenia się. Ruch Pedagogiczny 1977, nr 3
- 26 Cz. Kupisiewicz /red./: Metody i przykłady programowania dy-
daktycznego. Warszawa, 1970, s. 404
- 27 L. A. Jaczynowski: Sieciowe modele... op.cit., s. 60
- 28 R. Janas: Metodyka wychowania technicznego. Szczecin 1976,
s. 315-316

THE STRUCTURALISATION OF TEACHING METHODS AND THEIR
OPTIMISATION WITH REGARD TO THE MATERIALS SCIENCE SYLLABUS

Summary

The article contains the theoretical bases of the integration, transfer and structure of knowledge in the modernisation of the didactic process and motivation of students studying Technical Education.

It was found that materials science is involved in nearly every subject studied.

In the ordering of knowledge, use of oriented graphs matrix methods is suggested. This allows the objective presentation of basic material teaching process.

The author also attempts to define the methods optimising the structure of the teaching material. The concepts of graph and matrix are defined with respect to their application in the analysis of the teaching material. The example is given of the compilation of a register of information and its optimisation with regard to materials science.

The related problem of the algorithmisation of teaching and the presentation of material is also discussed.

The author emphasises that the construction of tests based on the structure of the subject to be taught stimulates the learning process with consequent educational effects.

СТРУКТУРАЛИЗМ ЗНАНИЙ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ
И МЕТОДЫ ИХ ОПТИМАЛИЗАЦИИ

Резюме

Статья воплощает теоретические основы интеграции, трансфера и структуры знаний в модернизации дидактического процесса и активизацию студентов факультета технического воспитания. На основании исследований автор пришёл к выводу, что знания по материаловедению интегрируют почти с каждым предметом обучаемом в вузе. Рекомендуется, чтобы в упорядочении значений использовать метод ориентированных графов и матричный метод.

Позволит это объективно выделить основные знания в процессе обучения. Автор представляет также попытку уточнения методов оптимализации структуры проблематики обучения, определяет понятие графа и матрицы в связи с применением их к анализу проблематики обучения. Приводит также пример составления реестра информации и её оптимализации при помощи графов и матриц на примере материаловедения. Занимается автор также обсуждением, связанного с этим вопросом алгоритмизации обучения и способа разыскания знаний.

Автор замечает, что конструкция тестов с опорой на структуру предмета обучения активизирует процесс обучения и приносит определённые воспитательные эффекты.