

HĂRȚILE CONCEPTUALE - O VIZIUNE STRUCTURALISTĂ APLICABILĂ ÎN STUDIUL FIZICII ÎN LICEU ȘI ÎN PROIECTAREA UNOR OPȚIONALE DE TIP INTEGRAT.

**Daniel Ovidiu CROC NAN, Doctor,
Colegiul Național de Informatică „Tudor Vianu”, București, România**

Rezumat: Metoda hărților conceptuale este recunoscută ca meta-strategie de învățare bazată pe lucrările lui: Ausubel, Novak, Gowin și alții [1, 16, 17]. Realizarea de către elev a unor hărți conceptuale, în procesul de învățare, permite acestuia esențializarea și structurarea informației într-un tablou centralizator prin care poate urmări conceptele asimilate și conexiunile acestora. Pe de altă parte, profesorul are la îndemână un instrument specific prin care să urmărească dinamica învățării prin adăugarea noilor concepte, care dezvoltă, la diferite momente, harta conceptuală structurată a temei. Profesorul, creator al unor opționale de tip integrat, interdisciplinar sau transdisciplinar, poate utiliza instrumentul hărților conceptuale, nu numai pentru a urmări procesul de învățare, ci și pentru dezvoltarea unei secvențe curriculare a disciplinei sau a unui opțional în curs de proiectare. Lucrarea de față prezintă câteva repere ale relației structură - informație furnizată de hărțile conceptuale și utilitatea acestora ca instrumente de proiectare curriculară. Sunt date câteva exemple de hărți conceptuale utilizate în proiectarea unor opționale interdisciplinare la nivelul cursului superior al liceului.

Abstract: The method of conceptual maps is recognized as meta-learning strategy based on the works of: Ausubel, Novak, Gowin [1, 16, 17]. Making conceptual maps in the learning process, of, allow the student essentialization and structuring information in a centralized panel that can follow similar concepts and connections between. On the other hand, the teacher has a specific tool to pursue growth through the addition of new learning concepts, which develops at different moments of time, structured conceptual map of the theme. Teacher, creator of optional of: integrated, interdisciplinary or transdisciplinary type, can use the tool of conceptual maps, not only to follow the learning process, but also to develop a curricular sequence or to develop an optional discipline. This paper presents some parts of the relationship: structure - information provided of a conceptual map and its usefulness as a tool for curriculum design. Some examples of conceptual maps are used in the design of interdisciplinary course, at the upper level, in high school education.

Introducere

Structurarea învățământului preuniversitar pe discipline, ca verigă cheie a cunoașterii, se datorează, potrivit lui Lawton [13], faptului că: “... *fiecare disciplină pune întrebări diferite, are tipare de referință distincte și tipuri de afirmații care sugerează proceduri distincte.*” Ideea este dezvoltată de Hirst [10] care afirmă că: “... *disciplina este o formă de cunoaștere cu caracteristici distincte ...*” iar “... *motivația pentru menținerea structurii pe discipline este ... încurajarea învățării eficiente.*” [2]. Un argument în favoarea disciplinelor este și acela că: “*permit școlii să vegheze ... la stăpânirea progresivă a conceptelor, modelelor și raționamentelor*” [8]. Practica ultimilor ani a evidențiat însă, apariția unor obstacole care fac dificilă implicarea elevilor în aprofundare și corelare tematică a disciplinelor. Această creștere în dificultatea corelării conceptuale pare a avea mai multe cauze dintre care: informatizarea învățării și a comunicării, inter și intranetul, proliferarea excesivă a programelor TV, sunt doar câteva. O consecință imediată este scăderea apetitului pentru

lectura de carte dar și căutarea de către elev a unor modalități mai eficiente de acumulare și stocare a informației, de multe ori pe cale imagistică. Uneori, aprofundări sau extinderi propuse ale disciplinelor, în loc să determine creșteri în corelarea conceptelor pe baza extinderii de exemple și argumentare nu determină decât creșterea haosului structurii conceptuale. *“Blocarea la nivelul studiului exclusiv al disciplinelor consacrate, în formatul actual al acestora, nu permite: nici realizarea de punți interdisciplinare, nici formarea unei viziuni globaliste.”* [3].

Astfel de insuccese pot fi depășite de interdisciplinaritate. *“În cazul elevului de liceu, care a cunoscut studiul pe discipline cu: sisteme de conținuturi, metode și limbaje specifice, interdisciplinaritatea deschide drumul recompunerii realității din mulțimi de: obiecte, idei, imagini și experiențe din cadrul disciplinelor care compun bazinul de dezvoltare al opționalului interdisciplinar”* [4]. După cum s-a afirmat [9], *“... elevii nu pot beneficia pe deplin de studii interdisciplinare până ce nu au o bază a disciplinelor”*. Dezvoltarea la nivelul liceului a unor opționale interdisciplinare reprezintă o cale posibilă de îndrumare a înțelegerii elevului dincolo de bariera disciplinelor consacrate.

Acest deziderat necesită un efort de proiectare, aplicare, evaluare și reproiectare a unor structuri dovedite sensibile, căruia profesorul trebuie să-i facă față. Proiectarea curriculară realizată de profesor (dincolo de proiectul de lecție sau cel al unei structuri superioare cum este - *unitatea de învățare*), proiectarea unor: extinderi la capitole din fizica de trunchi comun, dar mai ales a unor opționale de tip integrat, interdisciplinar sau transdisciplinar, este un act complex și nu lipsit de primejdia unor producții mediocre. Un impact pozitiv asupra proiectării îl pot avea hărțile conceptuale inițiale: subtematice, tematice sau de ansamblu, cu rol în clarificarea autorului asupra drumului conceptual de urmat, asupra conexiunilor dintre concepte și asupra reperelor de: procedură, model sau experiment, necesare dezvoltării temei. În lucrare propunem ca bază a proiectării curriculare a opționalelor de tip integrat, metoda hărților conceptuale, urmărind posibila relație structură - informație furnizată ale acestor instrumente.

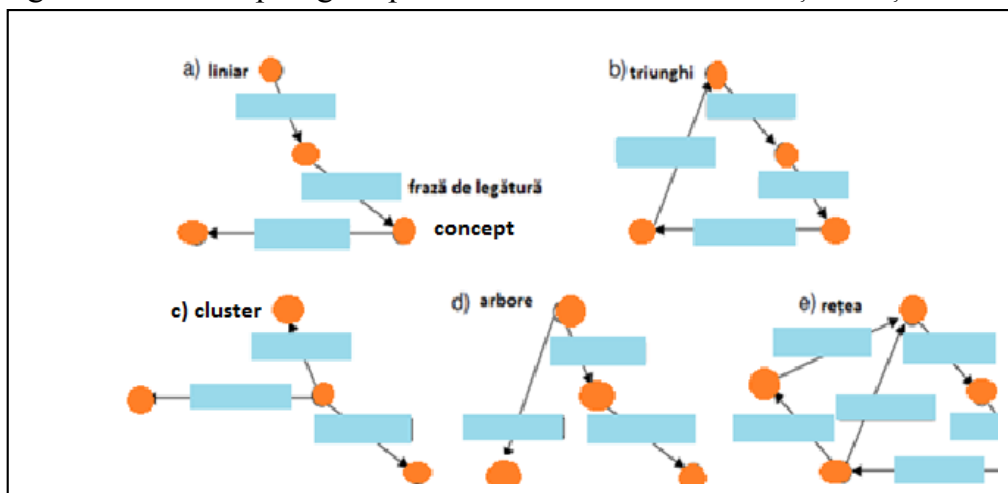
Hărțile conceptuale în fizică; structură - informație

Harta conceptuală a fost fundamentată în psihologia cognitivă a învățării de către Ausubel [1] și introdusă ca structură grafică de Novak [16]. După Yin, și colab. [21] “[harta conceptuală] include noduri (termeni sau concepte), linii de legătură (săgeți unidirecționale de la un concept la altul), și cuvinte sau expresii de legătură, care descriu relațiile dintre noduri. Liniile de legătură cu expresiile de legătură sunt numite *linii marcate*. Două noduri conectate cu o linie marcată determină o propoziție. Aranjarea conceptelor și a liniilor de legătură orientate determină structura hărții conceptuale. Numărul de concepte din cadrul hărții este variabil, atât din punct de vedere tematic (cuprinde conceptele ale unei anumite teme) cât și temporal (harta conceptuală este o structură dinamică (poate fi extinsă prin

adiția a noi elemente sau poate fi reconfigurată urmare a învățării și aprofundării unui domeniu tematic).

Interconectarea permite formarea unor rețele de concepte ale căror înțelesuri rezultă din hartă. “Cunoașterea conceptuală, care și-a găsit un puternic instrument de analiză și sinteză, de proiectare și învățare în hărțile conceptuale a fost descrisă recent în cadrul mai general al teoriei rețelelor, teorie care pare adaptată descrierii aspectelor relaționale a cunoașterii conceptuale și a aspectelor legate de procesul de învățare [5, 6]. În construirea unei hărți conceptuale pot fi identificate atât structuri ierarhice, [16, 20]; cât și non-ierarhice. Yin și colab. [21], propune cinci structuri topologice posibile în descrierea unei hărți conceptuale: a) lineară, b) circulară, c) nodală, d) arbore și d) rețea; sintetizate în figura 1.

Fig.1. Structuri topologice posibile întâlnite în construcția hărților conceptuale: a)



lineară b) circulară, c) cluster d) arbore d) rețea - după Yin și colab. [21]

Deoarece înțelegerea fizicii este legată în mare măsură de identificarea conceptelor domeniului și a conexiunilor dintre acestea, utilizarea hărților conceptuale, ca instrument de proiectare a disciplinei ca ansamblu sau pe componente (teme, capitole etc.), sau a demersului didactic privind desfășurarea proceselor cognitive de învățare, urmărirea învățării sau orientarea asupra evaluării acesteia, pare a nu permite contestații. Este de urmărit însă eficiența unor astfel de demersuri. Cele două decade de aplicare a metodei hărților conceptuale, cu mai mică sau mai mare intensitate au dus la concluzia că: „indiferent de complexitatea structurilor conceptuale acestea pot fi modelate din substructuri simple relaționate” [18].

Cunoștințele din fizică sunt puternic structurate prin: modul în care acestea au luat naștere și au fost incluse în teorii care urmăresc explicarea unor grupe de fenomene fizice: mecanice, electrice, termice, optice etc. Identificarea unor fenomene noi și explicarea acestora în cadrul vechii teorii sunt legate de concepte anterior definite. Dezvoltarea de noi teorii care să permită explicarea unor fenomene inexplicabile prin teorii mai vechi, utilizează în bună măsură concepte din vechile teorii cărora li se adaugă altele noi. Un

exemplu este teoria relativității care nu exclude mai vechea teorie a mecanicii clasice ci o înglobează ca pe un caz particular. O serie de concepte din mecanica clasică rămân utile dar, sunt introduse concepte noi: cuadri-vector spațiu timp, constanța vitezei luminii în vid, sunt formulate noi relații de transformare între referențiale, etc. Optica fonică, deși schimbă paradigma ondulatorie asupra luminii are conexiuni în mecanică de la care preia concepte precum: energie sau impuls. Mai mult, noua teorie se leagă de cea veche dezvoltând concepte noi precum: natură duală a luminii - procedeu de explicare ce face apel la teorii diferite (ondulatorie, fonică), pentru explicarea unor rezultate experimentale divergente ale aceleiași entități - lumina.

O analiză atentă a structurilor de concepte din fizică permite o încadrare generală a acestora în structuri precum cea: arborescentă (în care pot fi înglobate substructuri de tip linear) sau rețea, (în care pot fi înglobate substructuri de tip triunghiular – ciclic, stelar sau cluster).

Tipul de structură identificată a hărții conceptuale afectează proiectarea demersurilor curriculare, modul în care conceptele sunt introduse în procesul de predare, sau cum sunt însușite acestea de elevi prin învățare [5, 6, 7]. Unele cercetări asupra proceselor cognitive ale învățării au sugerat că proceduri de construcție care generează structuri complexe de cunoștințe pot fi reduse la substructuri simple, de bază de tipul celor identificate de Yin (fig.1) [21].

Experimentele și modelele utilizate în fizica de liceu determină structuri de bază care se regăsesc în rețelele complexe ale unor hărți conceptuale. În experimentele de laborator desfășurate în liceu, conceptele sunt conectate prin intermediul experimentelor de tip demonstrativ și prin interpretarea datelor experimentale. În majoritatea cazurilor numărul de concepte utilizate este mic. În cazurile cele mai simple se obțin structuri de tip triunghi (fig. 1. b), în care se utilizează două concepte cunoscute pentru a introduce pe cale experimentală un al treilea aflat în coxiune cu cele două prin măsurare. Un exemplu poate fi considerată determinarea constantei elastice a unui resort prin metoda statică. Determinarea implică cunoașterea prealabilă a conceptelor de: forță (greutate) și echilibru. Din stările de echilibru ale sistemului: resort - mase marcate ce deformează resortul, se determină, pe cale de obicei grafică, din datele experimentale, constanta elastică. Un alt exemplu la îndemână este și determinarea coeficientului de frecare dintre un plan orizontal sau înclinat și un corp care se deplasează pe acesta sub acțiunea unei forțe externe, sau a propriei greutate. Și aici triunghiul implică cunoașterea conceptelor: forță și mișcare rectilinie uniform, ca expresie dinamică a echilibrului de forțe. Purontaka [18] amintește în acest caz un alt exemplu, cel al efectului fotoelectric, în care intensitatea și frecvența sunt conectate în teoria luminii pentru a determina energia fotonului emis. Nu numai tratarea experimentală implică astfel de scheme ci și cea teoretică.

În unele cazuri, în care pentru introducerea unui concept nou sunt necesare trei sau mai multe concepte, structura grafică ce se formează poate fi una:

- stelară, cu un anumit număr de raze egal cu numărul de concepte necesar explicării noului concept care constituie nodul central (sau de cluster cu nod central, fig.1 c); sau una
- ciclică, ca în cazul în care utilizăm un prim concept pentru a defini independent alte două concepte care, sunt utilizate apoi pentru definirea noului concept introdus. În acest caz se formează un ciclu de patru concepte în care definirea noului concept necesită explicit cunoașterea celor două concepte derivate din cel inițial.

Un exemplu binecunoscut este determinarea experimentală a rezistenței electrice a unui conductor. Măsurarea acesteia face apel la cunoașterea conceptelor de tensiune electrică și curent electric, ambele derivate din conceptul de câmp electric. Desigur, ciclul poate crește dacă sunt incluse și conceptele: ampermetru, voltmetru - instrumentele de măsură utilizate în măsurarea rezistenței electrice prin metoda ampermetrului și a voltmetrului.

Aceleași structuri de bază pot fi regăsite și în harta conceptuală a demersului teoretic al aceleiași teme. În accepțiunea lui Purontaka [18] “... *aceasta este cerința de coerență conceptuală a modelului teoretic cu procedura experimentală. ...ea integrează în modelul teoretic concepte variate într-un sistem care descrie fenomenul real.*”

În cazul structurilor de tip rețea ale hărților conceptuale, pot fi identificate substructuri mai simple ca părți componente: lineare, ciclice, arbore sau cluster (stea). Aceste substructuri permit anumite rezolvări atât în ce privește proiectarea secvențelor curriculare descriese cât și a predării, respectiv evaluării acestora.

În literatură sunt menționate și structuri de tip probabilist rezultate în cazul unor proceduri întâmplătoare, în care pentru un set dat de concepte se pot stabili legături cu probabilități diferite. Rezultă structuri grafice probabiliste cu număr fix de concepte în noduri. În alte situații, numărul de concepte poate varia. Astfel de modele, s-au dovedit utile în unele structuri: matematice, informatice, sociologice sau epidemiologice [19, 20, 21], nu însă în fizica de liceu. Am menționat existența unor astfel de structuri topologice ale hărților conceptuale pentru cei care urmăresc proiectarea unor opționale interdisciplinare în care acestea ar putea apărea.

Ca și concluzie preliminară, se poate afirma, din studiul unor hărți conceptuale care descriu: teme, teorii, situații experimentale din fizică, că: existența unor structuri de bază ce se întâlnesc în acestea permite proiectantului de curriculum sau profesorului care aplică la clasă, în cursul predării sau al evaluării, o anumită structură conceptuală, realizarea unor proceduri standard de proiectare – predare - evaluare care să sistematizeze procesul educațional, specific fiecărui tip de structură.

Hărți conceptuale ale opționalelor interdisciplinare și proiectare structurată

Am văzut anterior că, în cadrul fizicii de liceu pot fi întâlnite preponderent o serie de structuri topologice simple în cadrul unor structuri complexe ale hărților conceptuale ale disciplinei (a unei teme, teorii, fenomen studiat sau experimentat). Cunoașterea acestor structuri topologice simple, permite organizări tipice, standardizate ale activităților caracteristice cât și proceduri ce pot devenii specifice proiectării, predării conceptelor din structura respectivă (atât teoretică cât și experimentală), sau evaluării achizițiilor conceptuale ale elevilor.

Identificarea anumitor structuri topologice de bază: lineară, ciclică (triunghiulară sau circulară), stelară, pot constitui repere de proiectare și mai apoi de predare și evaluare în cadrul opționalului de tip interdisciplinar în care fizica este una dintre disciplinele care furnizează concepte cheie noului opțional. Cadrul unor astfel de opționale va putea fi proiectat având ca repere hărți conceptuale cu topologii complexe, variate, a căror structură topologică însă, poate fi redusă la câteva dintre modelele de bază anterior discutate.

În construirea unei hărți conceptuale a unui opțional integrat de tip: interdisciplinar sau transdisciplinar pot fi urmăriți câțiva pași:

- stabilirea domeniului de proiectare (tema);
- identificarea conceptelor cheie ale temei și a conceptelor asociate/subordonate;
- organizarea conceptelor potrivit regulii adoptate (de la general la particular sau invers, de la simplu la complex sau invers, de la practic la teoretic sau invers, etc.)
- realizarea conexiunilor dintre concepte prin intermediul unor cuvinte/grupuri de cuvinte semnificative;
- stabilirea legăturilor de tip longitudinal (ierarhic) și transversal între concepte/lanțuri de concepte.

Variabile esențiale ale unei hărți conceptuale sunt: structura topologică a hărții (cluster, ciclu, ierarhie), conceptele selectate și legăturile dintre concepte (afirmații, experimente, modele).

Am aplicat metoda hărților conceptuale în proiectarea unor teme dezvoltate în cadrul unor opționale interdisciplinare pentru care fizica constituia una dintre disciplinele de bază în selecția conceptelor primare utile dezvoltării noului opțional. Am urmărit elementele simple de structură, prezentate în trei hărți conceptuale din cadrul opționalelor interdisciplinare: *”Elemente de biofizică”* *”Fenomene atmosferice și metode de studiu”*, și *”Elemente de Oceanografie”*.

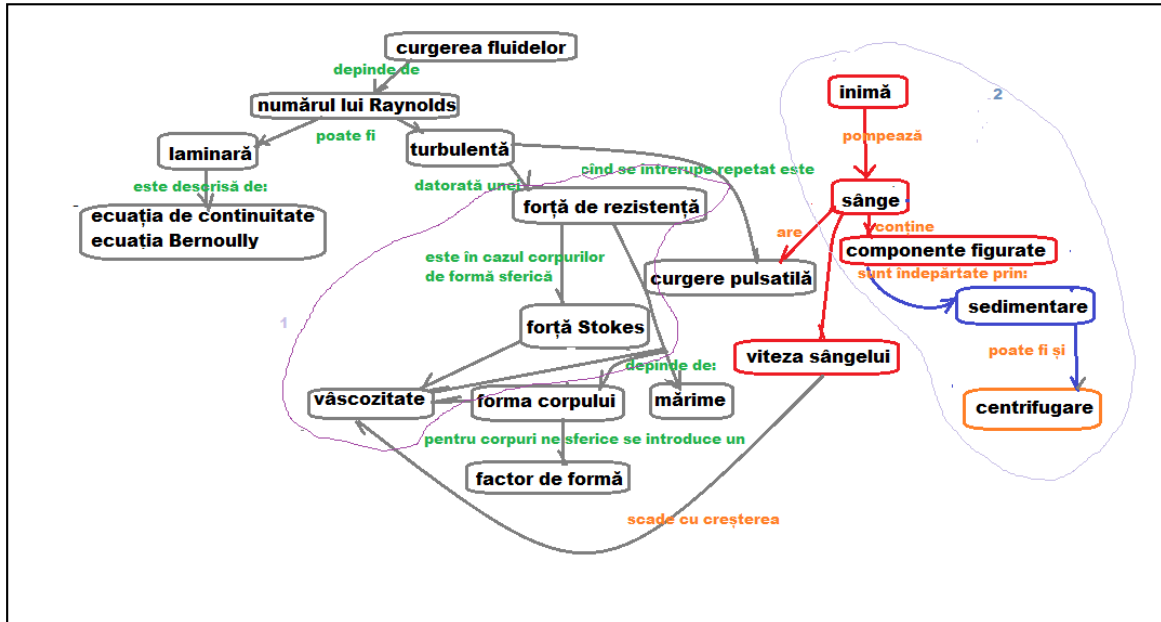


Fig.2. Harta conceptuală “curgerea în fluide.” din opționalul interdisciplinar “Elemente de biofizică”. Sunt subliniate structura de tip: ciclu și cea liniară.

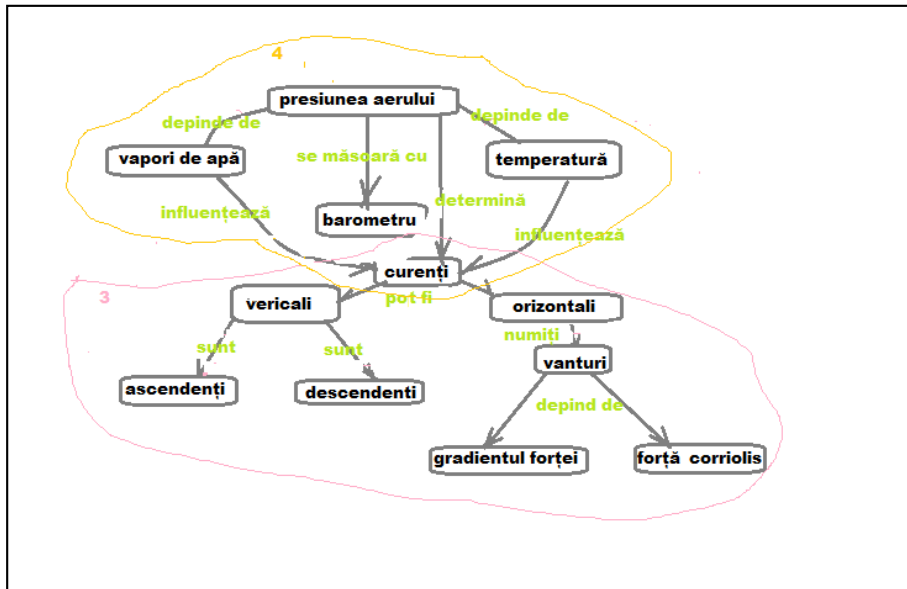


Fig.3. Harta conceptuală “Forțe și vânturi” din opționalul interdisciplinar “Fenomene atmosferice și metode de studiu” Sunt subliniate structura de tip: ciclu și cea arborescentă, din care se pot desprinde structuri liniare.

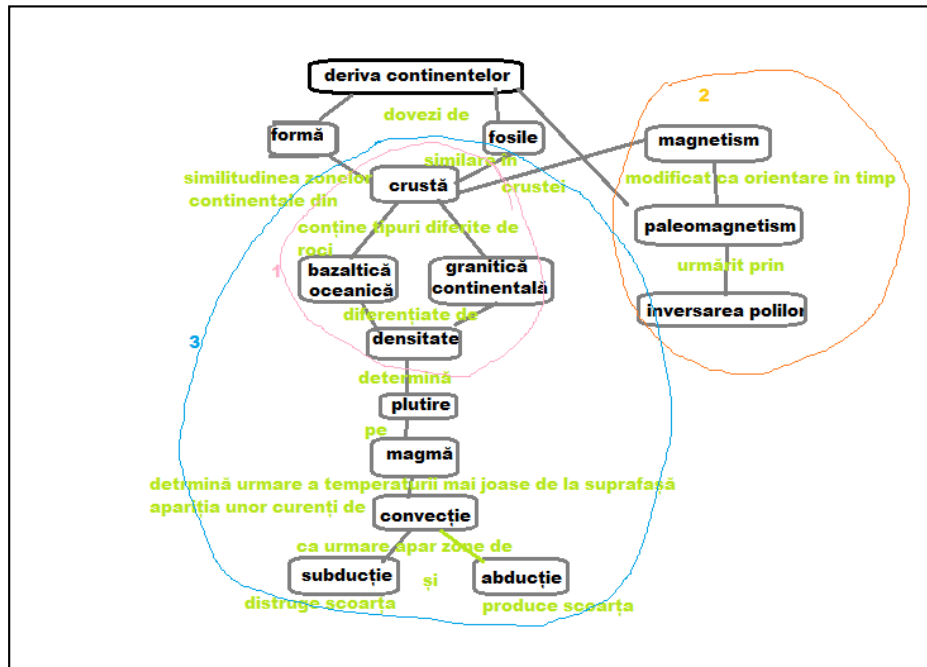


Fig.4. Harta conceptuală “deriva continentelor” din opțiunea interdisciplinar “Elemente de oceanografie” sunt subliniate structure de tip ciclic -1, linear – 2 și arboricol – 3.

Analiza structurii hărții conceptuale constituie un ghid al dezvoltării curriculare în care, printre avantajele aplicării se pot identifica:

- posibilitatea utilizării hărții conceptuale ca deschidere a capitolului proiectat, privire de ansamblu a ceea ce urmează să se întâmple, sau reper a ceea ce elevul are de învățat în cadrul temei;
- posibilitatea introducerii progresive a noilor concepte după anumite scheme logice proprii tipului structurii topologice de bază evidențiate;
- creșterea eficienței proiectării opțiunii interdisciplinar prin racordarea logică a conceptelor și a celorlalte conținuturi care vin în susținerea acestora;
- eliminarea redundanțelor;
- introducerea experimentelor și a modelelor în favoarea bunei corelări a conceptelor și a eficientizării secvențelor de învățare;
- expunerea clară a textului prin prisma urmăririi secvențelor hărții conceptuale și a relațiilor dintre acestea.

Hărțile conceptuale - modalități de ierarhizare

Un element esențial în ierarhizarea hărților conceptuale din punctual de vedere al înțelegerii conceptelor și a relațiilor dintre acestea este posibilitatea notării acestora pe baza unor criterii anterior stabilite. Printre cei care au urmărit diferite sisteme și posibilități de ierarhizare a hărților conceptuale pot fi menționați McClure, Sonak, și Suen [15] care compară șase metode diferite de notare a hărților conceptuale sau Shavelson și Ruiz-Primo

[20] care prezintă o schema de notare adaptată după Novak și grupul său [16]. Aceasta prevede notarea:

- (a) componentelor, cu focalizarea pe: propoziții (concepte și conținut); ierarhie (relații, legături) și exemple;
- (b) compararea hărții conceptuale a unui elev cu cea a expertului; sau,
- (c) o combinație a celor două procedee.

Alți autori (Markham, Mintzes, and Jones - [14] preferă urmărirea a șase aspecte în notarea hărții conceptuale: număr de concepte prezente, relații stabilite între concepte, încrucișări, ierarhii, încrucișări, și exemple.

Concluzii

Opțiunile interdisciplinare permit aprofundarea învățării prin: formularea unor răspunsuri la întrebări fundamentale, rezolvarea de probleme, sau realizarea de proiecte dincolo de limitele disciplinei. Ele “oferă, un model în care elevii pot folosi cunoștințe dobândite într-un context ca bază a cunoașterii altor contexte” [7]. “Învățarea de tip interdisciplinar favorizează progresele capacității cognitive” [21], ea “... ajută elevii să distingă caracteristicile esențiale ale disciplinelor și domeniile acestora, tipurile de probleme pe care le ridică, regulile folosite, normele specifice cu privire la admiterea probelor valide” [21].

Rezultatele aplicării metodei hărților conceptuale în dezvoltarea opțiunilor interdisciplinare au arătat că:

- Rețelele de concepte pot reprezenta cu acuratețe organizarea cunoștințelor din opțiunile interdisciplinare și pot demonstra rolul jucat de procedurile experimentale și de modelare în organizarea cunoștințelor. Introducerea unei cerințe ca “în proiectarea hărții conceptuale conexiunile să aibă la bază proceduri de tip experimental sau de modelare, încurajază reflecția asupra conținutului conexiunilor și al consistenței principiilor utilizate.
- Utilizarea interconexiunilor de tip ciclic, cluster sau ierarhică relevă potențialul lor de a reprezenta legături complexe dintre concepte care devin elemente importante ale hărții conceptuale interdisciplinare care pot coexista cu ordonarea.
- Hărțile conceptuale utilizate în cadrul opțiunilor interdisciplinare evidențiază posibilitatea monitorizării dezvoltării conceptuale, prin creșterea numărului de conexiuni și menținerea simultană a rețelelor ciclice sau de tip cluster.

În concluzie, considerăm că metoda hărților conceptuale aplicată proiectării și dezvoltării opțiunilor de tip interdisciplinar are avantaje notabile.

Bibliografie

- (1) Ausubel, D.P., Novak, J.D., and Hanesian, H., “*Educational Psychology: A Cognitive View*”, Holt, Rhinehart and Winston, New York, 1978.

- (2) Burden, Robert, Williams, Marion, *“Thinking through the curriculum”*, London and New York, Routledge, p. 148-155, 1998.
- (3) Crocnan D. O., Elena Crocnan, *“Hărțile conceptuale - instrumente de învățare și evaluare la fizică”* în *Învățământul Superior din Republica Moldova la 85 de ani*, p.60, Chișinău, Rep. Moldova, 2015.
- (4) Crocnan D. O., Elena Crocnan, *“Particularități topologice ale hărților conceptuale în proiectarea didactică la fizică”*, în *Învățământul Superior din Republica Moldova la 85 de ani*, p.67, Chișinău, Rep. Moldova, 2015.
- (5) Daley, B.J., Shaw, C.R., Balisteri, T., Glasenapp, K., & Piacentine, A., *“Concept maps: A strategy to teach and evaluate critical thinking”*, *Journal of Nursing Education*, 38(1), 42-47, 1999.
- (6) Edmondson, K. M., *Concept mapping for the development of medical curricula*, *Journal of Research in Science Teaching*, 32(7), 777-793, 1995.
- (7) Edmondson, K.M., *“Assessing Science Understanding Through Concept Maps”*, in *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*; Novak, J., Mintzes, J., and Wandersee, J., Eds.; Academic Press, California, 2000.
- (8) Fourez, G., *“Alphabétisation scientifique et technique: essai sur les finalités de l’enseignement des sciences”*. Bruxelles: De Boeck Université, p.233, 1994.
- (9) Goodlad, J. I. and Associates (Eds.), *“Curriculum inquiry: The Study of Curriculum practice”*. Mc Grow Hill, New York, p. 43 – 76, 1979.
- (10) Hirst, P.H., *“Knowledge and Curriculum”*. London: Routledge & Kegan Paul, p.193, 1964.
- (11) Jones, P. C., Q. Merritt, The TALESSI Project: *“Promoting active learning for interdisciplinarity, values awareness and critical thinking in environmental higher education.”* *Geography in Higher Education*, 23, 3, 335-348, 1999.
- (12) Kinchin, I.M., *“Using concept maps to reveal understanding: A two-tier analysis”*, *School Science Review*, 81, 315-333, 2000.
- (13) Lawton, D. *“Class, Culture, and Curriculum”*. Boston: Routledge and Kegan Paul, p. 244, 1975.
- (14) Markham K.M., Mintzes, J.J., and Jones, M.G., *“The concept map as a research and evaluation tool”*, *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 91-101, 1994.
- (15) McClure, J. R., Sonak, B., & Suen, H. K., *“Concept map assessment of classroom learning: Reliability, validity, and logical practicality”*, *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 475-492, 1999.
- (16) Novak, J.D., *“Concept mapping: A useful tool for science education”*, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 937-949, 1990.
- (17) Novak, J.D. and Gowin, D.B., *“Learning How to Learn”*, Cambridge University Press, New York, 1984.

- (18) Purontaka Toni, “*Modeling Concept Maps Done by Physics Students in Ismo*” T. Koponen și Juha Merikoski, University of Jyväskylä, Finland, 2016.
- (19) Repko, A. F., “*Assessing Interdisciplinary learning Outcomes*” University of Texas Arlington CA: SAGE Publications, Inc., p. 171 – 178, 2005.
- (20) Shavelson, R.J., and Ruiz-Primo, M.A., “*On the Psychometrics of Assessing Science Understanding*”, in *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*; Novak, J., Mintzes, J., and Wandersee, J., Eds; Academic Press, California, 2000.
- (21) Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M.A., Ayala, C.C., & Shavelson, R.J., “*Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use*”. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 166-184, 2005.