

Soluție software de reprezentare a datelor statistice în GIS, prin combinarea simbologiilor

Marian Dârdală, Adriana Reveiu

Academia de Studii Economice – ASE București
Piața Romană, Nr. 6, 010374, București
E-mail: dardala@ase.ro, reveiua@ase.ro

Rezumat. Utilizarea diferitelor tipuri de cartograme prezintă, în cadrul sistemelor informatice geografice (GIS – *Geographical Information Systems*), elemente din realitate în interdependență cu locația unde acestea se desfășoară. Problema vizualizării a cât mai multor informații prin cartograme este de mare actualitate deoarece utilizatorul poate percepe grafic realitatea prin multiplele sale caracteristici. Articolul își propune să prezinte o serie de tehnici de construire a cartogramelor, prin combinarea simbologiilor, într-un GIS. Posibilitatea de a combina simbologiile se bazează pe faptul că, pe lângă simbologiile simple de umplere a suprafețelor mai există și simbologii de tip suprapunere care vizează desenarea de obiecte grafice, pe datele spațiale de tip poligon. Astfel, utilizatorul poate percepe pe lângă culoarea de fundal, care cuantifică o caracteristică a realității, și alte caracteristici reprezentate prin elementele de suprapunere, precum grafice de tip chart, simboluri de diferite dimensiuni sau puncte având densități diferite.

Cuvinte cheie: cartogramă, GIS, simbologii, ierarhie de clase, bază de date spațiale, compoziție tematică, extensie.

1. Introducere

În cadrul articolului se realizează o prezentare a diferitelor modalități de reprezentare a informațiilor, colectate în teritoriu, prin GIS. Reprezentarea se va face în concordanță cu date spațiale de tip poligon, adică date care marchează o anumită suprafață în cadrul arealului geografic studiat.

Metoda de generare a cartogramelor, propusă prin articol, vizează împărțiri administrativ teritoriale cum ar fi nivelul NUTS 3 (*Nomenclature of Territorial Units for Statistics*) care, pentru țara noastră, înseamnă împărțirea pe județe a teritoriului României, sau nivelul NUTS 2 care corespunde celor opt regiuni de dezvoltare de la nivel național, conform *Eurostat*.

Studiul de caz cu privire la generarea cartogramelor prin suprapunerea de simbologiei a fost realizat practic folosind *framework*-ul ArcObjects.NET dezvoltat de ESRI și limbajul de programare C# din mediul Visual Studio.NET. S-a urmărit folosirea *framework*-ului ArcObjects pentru a dezvolta o nouă ierarhie de clase în vederea modelării datelor și vizualizării rezultatelor în GIS.

Ca tehnică de construire a modulului software s-a optat pentru dezvoltarea unei extensii sub forma unei componente de tip *add-in*, care să permită adăugarea acestei noi funcționalități la aplicația ArcMap din cadrul pachetului software ArcGIS. Acest lucru permite includerea și valorificarea funcționalităților definite, în diferite aplicații GIS.

În acest moment există GIS-uri folosite pentru reprezentarea datelor statistice, utilizate de institute naționale pentru statistică, cum este cazul biroului de statistică din Australia. Sistemul folosit în Australia este denumit *CDataOnline* și este folosit pentru diseminarea și analiza datelor înregistrate la recensământul populației. Principalele facilități oferite de acesta sunt: crearea și customizarea tabelor cu date, vizualizarea datelor sub forma unei hărți tematice, vizualizarea datelor într-o varietate de tipuri de grafice. Sistemul este unul închis, conținând date specifice și putând fi folosit pentru interogări referitoare la populația din Australia.

Un alt sistem este European Cluster Observatory, care conține o serie de date statistice și date referitoare la clustere definite la nivel european, integrate într-un GIS. Datele corespund regiunilor definite la nivelul fiecărei țări din U.E. și nu pot fi adaptate sau detaliate la nivel de județ. Deasemenea reprezentarea grafică a acestora este limitată la opțiunile definite în cadrul sistemului.

2. Cartograme

Vizualizarea eficientă a datelor geografice poate reprezenta o provocare. De obicei, se folosesc culori și umbre pentru transmiterea informațiilor și diferențelor dintre regiuni. Sunt extrem de răspândite și frecvent utilizate în întreaga lume, hărțile tematice pe diferite subiecte sociale, politice, medicale și economice.

Cea mai răspândită cartogramă pe o temă socială este cea folosită pentru reprezentarea densității populației, accentuând în mod corespunzător volumul și distribuția populației în teritoriu și nu mărimea regiunii.

Reprezentarea rezultatelor alegerilor politice folosind cartograme este un exemplu de cartogramă pe temă politică, fiecare regiune fiind dimensionată în funcție de ponderea numărului de voturi în total voturi exprimate la nivel național.

Distribuția bolilor în teritoriu poate fi împărțită și reprezentată pe aceeași cartogramă cu populația.

În domeniul comercial, cartogramele se folosesc de exemplu, pentru reprezentarea producției și consumului, de anumite produse, pe diferite piețe.

O cartogramă este un instrument grafic care descrie atributele obiectelor geografice. Ele reprezintă descrieri unice ale spațiului geografic. Cartografierea presupune respectarea unor cerințe precum: păstrarea formelor, a orientării vecinătăților, a datelor și a modificărilor corespunzătoare. Comunicarea cu succes a informațiilor geografice depinde de performanțele cititorului de hărți, în a recunoaște formele obiectelor componente, de precizia estimării acestor forme și de calitatea legendei proiectate. Deoarece o cartogramă nu descrie spațiul geografic, ci mai degrabă modificările în mărimea obiectelor în funcție de un anumit atribut, o cartogramă nu este o hartă adevărată. Cartogramele diferă în funcție de modul în care se modifică spațiul geografic, astfel că unele sunt foarte asemănătoare cu o hartă, iar altele nu.

Există, în principal, trei tipuri de cartograme, fiecare având un mod diferit de a afișa atributele obiectelor geografice: cartograme necontigue, cartograme contigue și cartograme Dorling.

O cartogramă necontiguă este cel mai simplu tip de cartogramă. Într-o cartogramă necontiguă obiectele componente nu trebuie să păstreze legătura cu obiectele adiacente lor. Această conectivitate se numește topologie. Prin ștergerea sau adăugarea unor obiecte în cartogramă, cele din vecinătatea lor pot crește sau pot scădea în dimensiune, păstrându-se însă forma lor. (Borden, 1996)

Într-o cartogramă contiguă se păstrează topologia adevărată, obiectele rămânând conectate între ele, dar această lucră provoacă o mare denaturare a

formeii. (Mackness, 1996) În acest caz, cartograful trebuie să creeze obiecte de dimensiuni potrivite pentru a reprezenta valoarea atributului, dar el trebuie să păstreze de asemenea și forma obiectelor cât mai bine posibil, astfel încât cartograma să poată fi ușor interpretată.

O cartogramă Dorling, deși nu păstrează nici forma și nici topologia obiectelor din cadrul cartogramei, s-a dovedit a fi o metodă foarte eficientă de creare a cartogramelor. Acest tip de cartogramă a fost denumită după inventatorul său, Danny Dorling de la Universitatea din Leeds. Pentru a crea o cartogramă Dorling, în locul schimbării dimensiunilor sau a distorsionării obiectelor, cartograful va înlocui obiectele cu o formă uniformă, de obicei un cerc, având dimensiunea proporțională cu atributele obiectelor cartogramei. (Dorling, 1995)

3. Framework-ul ArcObjects

ArcObjects se compune din clase și obiecte. Clasele descriu, în mod general, mulțimea de obiecte care au aceleași atribute. Obiectele sunt instanțe de clase și se referă la elemente concrete din realitate. Rândurile unei table se identifică cu obiectele unei clase de obiecte, iar coloanele ei reprezintă atributele clasei.

Există trei tipuri de clase în framework-ul *ArcObjects* (Exploring ArcObjects, 2002):

Clasă care sunt utilizate pentru a genera noi obiecte, de exemplu clasa *RgbColor* este folosită pentru a defini și manipula culori conform modelului de culoare RGB;

Clasă abstractă care nu pot fi folosite la generarea de noi obiecte, însă au rolul de a construi ierarhii de clase care pornesc de la o entitate având un caracter general. Ele conțin atribute și metode care sunt moștenite de toate clasele derivate direct sau indirect din ea. De exemplu, clasele care implementează diferite modele de culoare sunt derivate dintr-o clasă abstractă numită *Color*;

Clasă care nu se folosesc direct pentru a genera noi obiecte, ci sunt construite prin intermediul altor obiecte. De exemplu, pentru a accesa caracteristicile selectate la un moment dat pe hartă se poate construi un obiect de tip *MapSelection* pornind de la obiectul hartă.

În cadrul unei biblioteci de clase se stabilesc diferite tipuri de relații între clase. Studiarea acestor relații ajută programatorii să înțeleagă filosofia de dezvoltare a framework-ului și să programeze eficient aplicațiile.

Tipurile principalele de relații sunt (Chang, 2008):

De **asociere**, care se pune în evidență între două clase. O asociere poate fi multiplă, notată (1..*) sau având cel mult o asociere (1..0). De exemplu, o astfel de relație există între clasa *Color* și *ColorRamp* în sensul că o rampă de culori este formată din mai multe culori, așa cum se ilustrează în figura 1.

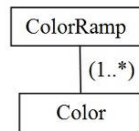


Figura 1 Asocierea

De **moștenire**, se definește între o superclasă și o subclasă. Astfel, o subclasă este o specializare a unei superclase și îi moștenește atributele și proprietățile. De exemplu, clasa *Symbol* este o superclasă pentru *MarkerSymbol*, *LineStyle* și *FillSymbol* și se figurează după cum se poate observa în figura 2.

De **compunere**, care se descrie prin faptul că un obiect are în compunere unul sau mai multe obiecte de alt tip. Este oarecum similară cu asocierea doar că entitățile sunt structural diferite. De exemplu, un document de tip hartă este format din mai multe hărți, ceea ce se ilustrează în figura 3, unde *MxDocument* este clasa document, iar *Map* reprezintă clasa hartă.

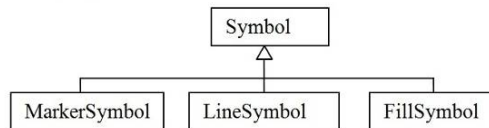


Figura 2. Moștenirea

De **agregare**, care presupune că o clasă este definită prin agregarea elementelor altor clase, care sunt de tipuri diferite și aprioric cunoscute. Spre exemplu, un obiect *Cursor* se poate crea pornind de la un obiect de tip *Table*, adică o tabelă și de la un obiect de tip *QueryFilter* care

impementează partea de filtrare a datelor din tabelă, pentru a constitui cursorul. In figura 4 se ilustrează acest tip de relație.

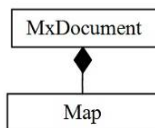


Figura 3 Componerea

De **instanțiere**, care presupune că un obiect se poate crea doar prin intermediul altui obiect. De exemplu, în figura 4, se poate observa că obiectul *Cursor* se poate construi prin intermediul obiectelor *Table* și *QueryFilter*.

Biblioteca de clase *ArcObjects*, a fost construită în mod deosebit prin definirea și implementarea interfețelor, lucru caracteristic tehnologiei COM. Prin convenție, denumirile interfețelor încep cu litera *I*, de exemplu: *IMap*, *IApplication*, *IDocument* etc. Interfețele, pe de o parte, sunt implementate de către una sau mai multe clase, iar pe de altă parte, o clasă poate implementa una sau mai multe interfețe. Astfel, clasa *Map* implementează mai multe interfețe, printre care *IMap* și *ITableCollection*. Pornind de la coclase, se pot defini referințe (pointeri) la interfețe care se încarcă prin construirea unui obiect al unei coclase sau prin atribuirea unui obiect / interfață unei alte interfețe. Având o referință validă la o interfață, atunci doar metodele și proprietățile acelei interfețe pot fi utilizate.

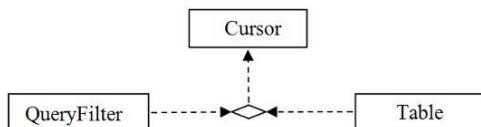


Figura 4 Agregarea

O interfață conține proprietăți și metode pe care utilizatorul le poate accesa prin intermediul ei. Proprietățile definesc caracteristicile (atributele) unei interfețe, în timp ce metodele definesc comportamente specifice ale interfeței. In *ArcObject* sunt descrise grafic interfețele, astfel încât, programatorul să-și poată da seama care sunt proprietăți și care sunt metode. Astfel, proprietățile sunt descrise prin linie, în timp ce metodele se descriu prin săgeți (←). La rândul lor, proprietățile pot fi de mai multe feluri:

read only, adică pot fi doar consultate valorile lor (■—); *write only*, adică pot fi doar modificate valorile lor și se figurează diferit dacă se atribuie prin valoare (—■) sau prin referință (—□); *read-write*, adică pot fi atât consultate cât și modificate și se figurează diferit în cazul în care se atribuie o valoare proprietății (■—■) sau o referință, proprietății (■—□).

De exemplu, interfața *IFeatureCursor* (Figura 5) moștenește interfața *IUnknown* și conține:

IFeatureCursor : IUnknown	
■—	Fields:IFields
←	DeleteFeature
←	FindField
←	Flush
←	InsertFeature
←	NextFeature
←	UpdateFeature

Figura 5. Interfața *IFeatureCursor*

colecția de câmpuri (*Fields*); precum și funcții care realizează ștergerea unei caracteristici (*DeleteFeature*), căutarea unui câmp (*FindField*), eliberarea *buffer*-elor (*Flush*), inserarea unei caracteristici (*InsertFeature*), accesarea următoarei caracteristici (*NextFeature*) și actualizarea caracteristicii (*UpdateFeature*).

4. Implementarea unei ierarhii de clase pentru generarea de cartograme prin suprapunerea simbologiilor

Pornind de la *framework*-ul *ArcObjects* a fost dezvoltată o ierarhie de clase care să permită reprezentarea prin dublă simbologie a datelor statistice dintr-un areal geografic. În acest context, s-a urmărit construirea unei cartograme care să combine reprezentarea grafică a mai multor date statistice, în același timp. Acest lucru este posibil pentru date spațiale de tip poligon care reflectă unități administrativ teritoriale. Astfel, poligoanele se pot colora cu o anumită culoare în funcție de apartenența valorii indicatorului la un anumit interval de valori. Peste fundalul astfel construit, se pot suprapune simboluri grafice cum ar fi *chart*-uri respectiv figuri geometrice de

dimensiuni variabile în vederea vizualizării, concomitent, și a altor indicatori.

În figura 6 sunt prezentate clasele care formează ierarhia precum și legăturile dintre ele. Clasa *cartograma* este definită ca fiind o clasă abstractă, în timp ce *dual_chart* și *dual_simbol* sunt definite ca fiind *coclase*. Relația dintre clasa *cartograma* și clasele *dual_chart* și *dual_simbol* este de moștenire.

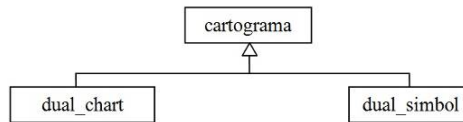


Figura 6. Ierarhia de clase

Clasa *cartograma* are rolul de a construi simbologia de fundal, care presupune umplerea poligoanelor unui strat tematic într-un gradient de culoare în funcție de valoarea unui indicator. Semnificația acestui indicator diferă în funcție de tipul cartogramei, astfel:

- în cazul suprapunerii unui obiect de tip *chart*, indicatorul este calculat automat ca fiind suma valorilor atributelor prin care se caracterizează colectivitatea;
- în cazul suprapunerii de simboluri proporționale, indicatorul pe baza căruia se reprezintă fundalul este indicat prin numele unui câmp dintr-o tabelă de atribute nonspațiale.

Clasa *dual_chart* moștenește clasa *cartograma* care construiește fundalul hărții și, în plus, realizează suprapunerea de grafice de tip *chart* (în exemplul prezentat s-a optat pentru grafice de tip *pie*), pentru a reflecta proporția în care contribuie diverși indicatori la compunerea valorii totale, reprezentată vizual prin culoarea de fundal a poligonului.

Clasa *dual_simbol*, de asemenea, moștenește clasa *cartograma* pentru a genera fundalul hărții și, în plus, suprapune simboluri de dimensiuni diferite care concordă cu valoarea unui indicator aferent unui câmp din tabela de atribute nonspațiale. În acest mod, utilizatorul poate să perceapă vizual care este raportul de mărime dintre cei doi indicatori: unul exprimat prin culoarea de fundal celălalt reflectat prin dimensiunea simbolului suprapus.

Clasa *cartograma* abstractizează în conținut operațiile de *Vizualizare* și *Reset*, de revenire la starea inițială. Aceste metode devin concrete și se

definesc corespunzător în cadrul claselor derivate: *dual_chart* și *dual_simbol*:

```
abstract class cartograma
{
    // ....
    abstract public void Vizualizare();
    abstract public void Reset();
}
class dual_chart : cartograma
{
    // ....
    public override void Vizualizare()
    {
        // ...
    }
    public override void Reset()
    {
        // ...
    }
}
class dual_simbol : cartograma
{
    // ....
    public override void Vizualizare()
    {
        // ....
    }
    public override void Reset()
    {
        // ....
    }
}
```

Ca studiu de caz, s-a construit o bază de date de tip *personal geodatabase*, care conține ca date spațiale județele din România și într-o tabelă de atribute nonspațiale (*res_umane*) au fost stocate date cu privire la forța de muncă astfel:

- *barbati* – numărul de angajați de sex masculin;
- *femei* – numărul de angajați de sex feminin;
- *cercetatori* – numărul de angajați, care-și desfășoară activitatea în domeniul cercetării, precum și
- *sy* – simbolul județului.

Datele statistice au fost preluate din Anuarul statistic al României, din anul 2010, și se referă la forța de muncă din anul 2009.

Pe baza datelor existente în baza de date s-au generat două cartograme, utilizând cele două clase definite anterior în acest scop. Astfel, în figura 7, se ilustrează prin culoarea de umplere a fiecărui județ, numărul total de angajați din județul respectiv.

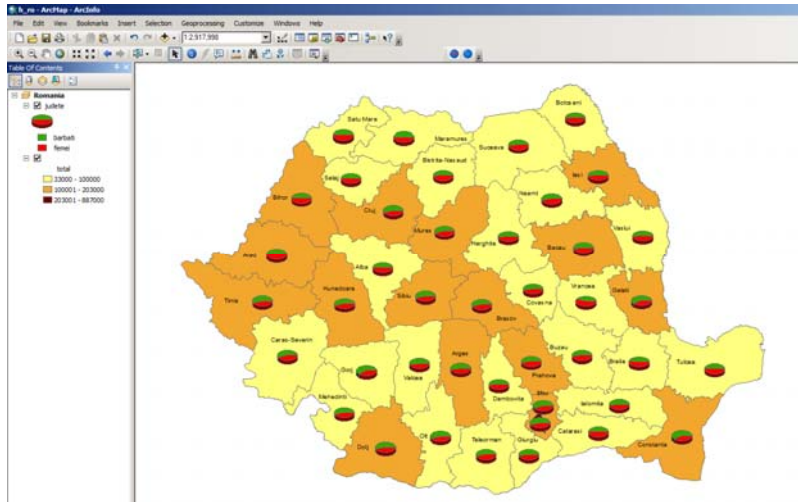


Figura 7. Suprapunere de obiecte grafice tip chart

Colorarea județelor s-a realizat folosindu-se un gradient de culoare, în funcție de apartenența indicatorului la un interval de valori. Domeniul de valori aferent câmpului total angajați a fost împărțit în trei intervale de valori, pe baza metodei naturale de divizare (*NaturalBreaks*). Metoda de divizare naturală presupune construirea intervalelor astfel încât dispersia elementelor din cadrul unei grupe să fie minimă iar dispersia dintre grupe să fie maximă. (Exploring ArcObjects, 2002)

A doua cartogramă vizualizează, prin culoarea fundalului, numărul total de angajați, iar prin suprapunerea de simboluri proporționale se vizualizează ponderea numărului de angajați din cercetare în total angajați. Simbolurile suprapuse sunt de dimensiuni diferite, în funcție de apartenența valorii indicatorului la un interval de valori. Se observă, în figura 8, că s-au generat trei intervale de valori, ceea ce a determinat construirea de simboluri având trei mărimi distincte.

Prin construirea unei extensii atașate aplicației *ArcMap*, se oferă utilizatorului o interfață compusă din două butoane prin intermediul cărora se pot declanșa operațiile de construire a cartogramelor.

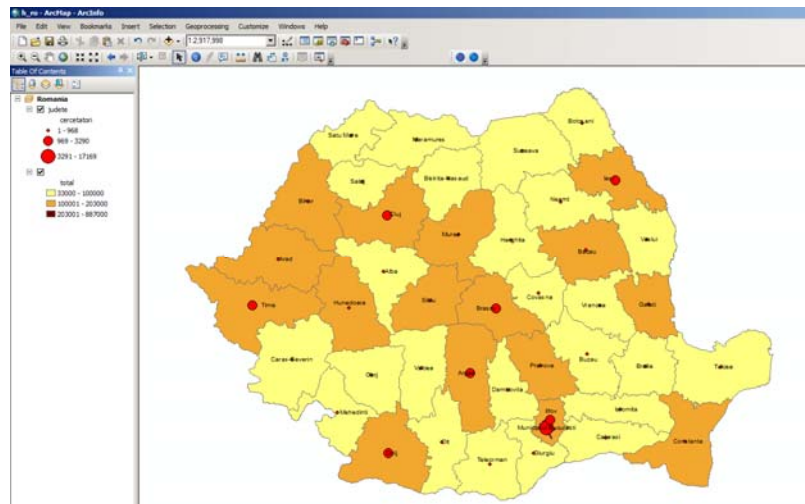


Figura 8. Suprapunere de simboluri proporționale

5. Concluzii

Afișarea datelor în cadrul sistemelor informatice geografice prin definirea de simbologii oferă pe de o parte, avantajul localizării fenomenului studiat, iar pe de altă parte utilizatorul poate percepe intensitatea lui individuală cât și corelată cu alți factori. Generarea unor astfel de cartograme trebuie să se facă atunci când datele spațiale permit acest lucru, astfel încât utilizatorul sistemului să poată distinge vizual diferențele și amploarea fenomenului. Utilizarea unor astfel de metode pe hărți cu grad mare de detaliu poate induce consumatorului mai multă confuzie și mai puțină acuratețe în sesizarea fenomenelor economico sociale.

În comparație cu alte sisteme informatice geografice care vizează reprezentarea datelor statistice prin cartograme, soluția propusă în lucrare prezintă avantajele: poate fi integrată cu ușurință prin includerea extensiei construite la aplicația ArcMap, poate fi adaptată unui nou context geografic, specific unei alte țări sau unei regiuni și, nu în ultimul rând, oferă independență în raport cu setul de date statistice, nefiind legată de datele specifice unei țări anume.

Confirmare

Această lucrare a fost finanțată din proiectul *Performanță și Excelență în Cercetarea Postdoctorală în Domeniul Științelor Economice din România* – contract POSDRU/1.5/S/59184.

Referințe

- Blaser A. D., Sester M., Egenhofer M. J., *Visualization in an early stage of the problem-solving process in GIS*, Computers & Geosciences, 2000
- Borden D. D., *Cartography: Thematic Map Design*, 4th edition, William C Brown Publishing House, 1996.
- Burke R., *Getting to Know ArcObjects: Programming ArcGIS with VBA*, ESRI Press, 2003.
- Chang K.-T., *Programming ArcObjects with VBA*, CRC Press, 2008.
- Calvary G., Pribeanu C., Santucci G., Vanderdonck J. (Eds.), *Computer-Aided Design of User Interfaces V*, Proc. of 6th Int. Conf. on Computer-Aided Design of User Interfaces CADUI'06 (Bucharest, 6-8 June 2006), Information Systems Series, Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- Dorling D., *Area Cartograms: Their Use and Creation*, Department of Geography, University of Newcastle upon Tyne, England, 1995.
- Furtuna T. F., *Integrarea scenelor 3D in aplicatii grafice interactive*, Revista Română de Interacțiune Om-Calculator, vol. 3, Nr. 1, 2010.
- Getis A., Aldstadt J., *Constructing the spatial weights matrix using a local statistic*. Geogr Anal, 2004.
- Mackness W., *Automated Cartography and the Human Paradigm*, Cartographic Design, Theoretical and Practical Perspectives. Chichester NY: John Wiley & Sons Ltd, 1996.
- ***, *Exploring ArcObjects*, ESRI Press, 2002.
- ***, *Understanding Map Projections*, ESRI Press, 2000.
- Lawler, E.J., Thye, S.R. (1999). Bringing Emotions into Social Exchange Theory, *The Annual Review of Sociology*, Nr. 25, p. 217-244.
- Meyerson, D.E. (2000), *If emotions were honoured: A cultural analysis*, in Fineman, S., *Emotion in Organizations* (2nd ed.), Sage Publications, London
- Parkinson, B. (1996). Emotions are social, *British Journal of Psychology*, 87, p. 663-683.
- Wickens, C., John L., Yili L., Sallie G. (2004), *An Introduction to Human Factors Engineering*, Second ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall