



**Dorin Mircea POPOVICI (coord.)**

**Eugen ZAHARESCU**

**Andrei RUSU**

**Crenguța-Mădălina PUCHIANU**

**Dragoș SBURLAN**

**MEDII VIRTUALE  
MULTIMODALE DISTRIBUITE  
Volumul III**



**Editura UNIVERSITARIA**  
Craiova, 2015



**Editura PRO UNIVERSITARIA**  
București, 2015

## **Referenți științifici:**

**Prof. univ. dr. ing. Antonya CSABA**

*Universitatea Transilvania din Brașov*

**Prof. univ. dr. ing. Dorian GORGAN**

*Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca*

Copyright © 2015 Editura Universitaria

Copyright © 2015 Editura Pro Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria  
și Editurii Pro Universitaria.

Nicio parte din acest volum nu poate fi copiată fără acordul scris al  
editorilor.

## **Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**Medii virtuale multimodale distribuite** / Dorin Mircea Popovici (coord.). –  
Craiova : Universitaria ; București : Pro Universitaria, 2014-  
vol.

ISBN 978-606-26-0049-5

**Vol. 3** / Eugen Zaharescu, Andrei Rusu, Crenguța Mădălina Puchianu,  
Dragoș Sburlan. - 2015. - Bibliogr. - ISBN 978-606-14-0916-7 ;  
ISBN 978-606-26-0280-2

I. Popovici, Dorin Mircea (coord.)

II. Zaharescu, Eugen

III. Rusu, Andrei

IV. Puchianu, Mădălina Crenguța

V. Sburlan, Dragoș

004.946

---

---

# Capitolul 1

---

---

## În loc de cuvânt înainte

În ultimele două decenii, sistemele de realitate virtuală au depășit stadiul de simulatoare utilizate într-o arie restrânsă de domenii, devenind sisteme preponderent imersive și interactive ce ating domenii din cele mai diverse (educație, teleoperare, divertisment, etc). Dacă la început accentul se punea în special pe realismul imaginilor generate și pe animarea în tip real a acestora, acum, grație dezvoltărilor tehnologice, problema care se pune este aceea de a popula mediile simulate cu așa numiții ”agenți”, ce conduc la creșterea sentimentului de ”as if” al utilizatorului unui astfel de mediu. Pentru aceasta, sunt vizate o serie de dimensiuni ale experienței virtuale, cum sunt cele vizuale, audio sau haptice<sup>1</sup>, dar și cele de ordin contextual (credibilitate), social (organizare) și chiar emoțional (psihologic).

Având în permanență ca element central utilizatorul, eforturile actuale se concentrează în direcția obținerii unei arhitecturi comportamentale adecvate ce asigură credibilitatea agenților în contextul mediului virtual. În acest sens, plasarea agenților în mediul virtual, autonomia, reactivitatea, proactivitatea, sociabilitatea, credibilitatea și inteligența acestora sunt aspectele cel mai des vizate.

Acesta este motivul pentru care, seria de patru volume intitulată ”Medii virtuale

---

<sup>1</sup> retur tactil și de forță

multimodale distribuite” propune cititorilor săi trei perspective asupra mediilor virtuale: structurală, evolutiv-comportamentală și distributivă.

Prin urmare, în abordarea structurală a acestor medii prezentăm suportul teoretic și practic al metodelor, tehnologiilor și tehnicilor de modelare structurală a mediilor virtuale prin introducerea în algoritmică aplicațiilor distribuite, dezvoltarea aplicațiilor software, inteligența artificială, realitate virtuală și augmentată, analiza datelor și modelare stocastică, procesarea automată a limbajelor naturale susținută de WEB semantic și sisteme inteligente.

În perspectiva comportamentală, considerăm centrale atât noțiunea de agent virtual cât și cea de utilizator al mediului, tratând astfel de o manieră unificată aspecte comportamentale ale acestor ”*actori*” activi; interacțiunile dintre ei, pe de o parte, și dintre ”*actori*” și mediul virtual, pe de altă parte, ambele definitorii pentru evoluția mediului virtual. Aici vom ridica probleme legate de modele și framework-uri de proiectare, interfețe om-mașină multimodale, sisteme și tehnici multimedia, sisteme multiagent, modelare și simulare comportamentală, toate având aplicabilitate directă sau indirectă în sisteme de virtual tutoring, eventual prin interfețe omniprezente.

Pentru a asigura longevitatea mediului virtual astfel obținut, considerăm esențială deschiderea acestuia către o largă comunitate de utilizatori prin distribuția sa. Atingerea și importanța acestui aspect este demonstrată prin intervenții despre sisteme avansate de baze de date, arhitecturi pentru sisteme informatice autonome, rețele și sisteme distribuite și chiar optimizarea acestor sisteme distribuite.

Lucrarea se adresează studenților masteranzi ai Facultății de Matematică și Informatică din cadrul Universității Ovidius din Constanța, programul de master ”Medii Virtuale Multimodale Distribuite” din domeniul Informatică și dorește să constituie un îndrumar în pregătirea tinerilor în direcția tehnologiilor mileniului III, i.e. perfecționarea cititorului prin oferirea reperelor necesare pentru conceperea, proiectarea și dezvoltarea mediilor virtuale distribuite multimodale cu aplicabilitate directă în domenii de activitate precum educație, formare profesională, edutainment, cercetare, industrie și nu numai.

Întreg materialul este prevăzut a fi publicat sub forma a patru volume, co-

responsabilele semestrelor universitare ale celor doi ani de studii masterale, câte un volum pe semestru. După ce în volumele I și II au fost abordate problematicele caracteristice dezvoltării aplicațiilor software, realității virtuale și augmentate, inteligenței artificiale, algoritmicii aplicațiilor distribuite și arhitecturilor sistemelor informatice autonome, sistemelor avansate de BD, modelelor și framework-urilor de proiectare, interfețelor om-mașină multimodale și sistemelor multimedia, volumul de față, Volumul III, conține contribuții referitoare la analiza morfologica a imaginilor color (Capitolul 2), ca o primă contribuție în cadrul cursului de *Sisteme avansate de analiza, reconstrucția și prelucrarea imaginilor*, sisteme multi-agenți (Capitolul 3), pornind de la agenți și ajungând până la avataruri, WEB semantic și ontologii (Capitolul 4) și la elemente de procesare automată a limbajului natural (Capitolul 5), fiecare capitol fiind însoțit de bibliografia aferentă.

Lucrarea se încheie printr-o anexă corespunzătoare capitolului 3.

Mulțumim studenților care au susținut ideea seriei celor patru volume și au ajutat la realizarea acestui al treilea volum (în ordine alfabetică): Alexandra-Nicoleta Bahacencu, Mihai-Octavian Bită, Emanuela Bran, Xiang Cheng, Alexandru Cristian Corleancă, Andrada David, Alina Daniela Gheorghe, Simona Husaru, Anata-Flavia Ionescu, Victor-Gabriel Postole, Adrian Lupșa, Dragoș Mocanu și Dan Timofei. Mulțumirile noastre se îndreaptă și spre conducerea Universității Ovidius din Constanța și a Facultății de Matematică și Informatică, pentru susținerea financiară atât de necesară concretizării proiectului.

Nu în ultimul rând, dorim să mulțumim tuturor colegilor, contributori în prezentul volum, având convingerea că în edițiile viitoare vom regăsi contribuțiile întregului colectiv implicat în programul de master "Medii Virtuale Multimodale Distribuite".

Materialul extins se află la dispoziția studenților masteranzi ai Universității Ovidius din Constanța pe avizierul WEB al Facultății de Matematică și Informatică<sup>2</sup>. De asemenea, informații suplimentare puteți găsi pe pagina Laboratorului de Cercetare în Realitate Virtuală și Augmentată - CeRVA<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> <http://math.univ-ovidius.ro>

<sup>3</sup> <http://www.cerva.ro>

---

---

## Capitolul 2

---

---

# Analiza morfologică a imaginilor color

Eugen Zaharescu

### 2.1 Introducere în Morfologia Matematică utilizată în analiza și prelucrarea imaginilor

Analiza morfologică a imaginilor bazată pe Morfologia Matematică (MM) folosește teoria laticilor, teoria mulțimilor și geometria euclidiană pentru a investiga structurile spațiale ale imaginilor, caracteristicile de formă ale obiectelor din imagine și relațiile dintre ele [24, 23, 25]. Pe baza teoriei Morfologiei Matematice, detectarea exactă a pixelilor obiectului, împreună cu caracteristici de indexare pertinente, s-au dovedit a fi mai eficiente decât alte abordări de calcul (de exemplu, metode statistice care se concentrează pe valorile individuale ale pixelilor).

Dar extinderea morfologiei matematice pentru funcțiile cu mai multe variabile sau imaginile multicanal (de exemplu imaginile color) reprezintă o abordare dificilă din punct de vedere teoretic și aplicativ. Definițiile din întreaga piramidă a operatorilor morfologici pornind de la cei de bază (*erodarea* și *dilatarea*), până la nivelurile

superioare ale operatorilor derivați (*deschidere*, *închidere*, *schelet*, *top-hat*, etc.), folosesc o structură algebrică fundamentală total ordonată: *latticea completă*. Această structură algebrică nu poate fi definită în mod natural sau perceptiv corect pe spațiul vectorial al imaginilor color.

Teoria Morfologiei Matematice vectoriale a fost analizată în unele lucrări fundamentale [2, 3, 4]. Aici au fost propuse diferite ordonări pentru spațiul vectorial al imaginilor color:

- ▷ **Ordonarea marginală** folosește ordonarea artificială a pixelilor (adică ordonează componentele vectorilor de culoare în funcție de componente, în mod independent). În acest caz, dezavantajul este că apar "culori false" (valori noi ale vectorilor de culoare care nu sunt prezente în imaginea de intrare) ce pot fi introduse în imaginea procesată.
- ▷ **Ordonarea condiționată** efectuează ordonarea vectorilor de culoare, cu ajutorul unor componente marginale selectate secvențial în funcție de diferite criterii (de exemplu, **ordonarea lexicografică**). Ordonarea condiționată conservă vectorii de culoare de intrare și a fost studiată în special pentru reprezentarea **HSV (Hue/Saturation/Value)** a imaginilor color.
- ▷ **Ordonarea redusă** realizează ordonarea vectorilor de culoare, conform unor scalari, calculați din componentele fiecărui vector în funcție de diferite criterii de măsură, de obicei, distanțe sau proiecții. Ordonarea redusă a fost folosită pentru a defini operatorii morfologici, în cadrul analizei morfologice a imaginilor color, prin intermediul distanțelor. Aceasta poate fi utilizată cu succes în aplicații de filtrare, precum se utilizează și **ordonarea condiționată** [28, 27].

Pentru operatorii morfologici vom folosi definiția funcțională clasică prezentată în [19] și [24], unde *erodarea morfologică* ( $\varepsilon_g(f)$ ) și *dilatarea morfologică* ( $\delta_g(f)$ ) sunt definite după cum urmează:

$$\varepsilon_g(f)(x) = (f \ominus g)(x) = \inf\{f(x-y) - \check{g}(y) \mid y \in \text{Supp}(g)\}, \forall x \in \text{Supp}(f) \subseteq \mathbb{R}^n \quad (2.1)$$



$$\delta_g(f)(x) = (f \oplus g)(x) = \sup\{f(x-y) + \check{g}(y) \mid y \in \text{Supp}(g)\}, \forall x \in \text{Supp}(f) \subseteq \mathbb{R}^n \quad (2.2)$$

unde *imaginea cu nivele de gri*  $f : E_f \subseteq \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  și *elementul structurant* sau *funcția de structurare*  $g : E_g \subseteq \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  sunt funcții semi-continue iar  $\text{Supp}(f) = E_f$  și  $\text{Supp}(g) = E_g$  sunt domeniile de definiție pentru fiecare funcție (în următoarele experimente  $\text{Supp}(f)$  și  $\text{Supp}(g)$  sunt spații euclidiene,  $E_f, E_g \subseteq \mathbb{R}^2$  sau  $E_f, E_g \subseteq \mathbb{Z}^2$ , în cazul grilei discrete de reprezentare a imaginilor). De asemenea,  $\check{g}$  este funcția de structurare simetrică definită după cum urmează:

$$\forall x \in \mathbb{R}^n, \check{g}(x) = g(-x).$$

În cazul imaginilor binare 2-D operatorii morfologici de bază *erodarea binară*  $(\ominus)$  și *dilatatarea binară*  $(\oplus)$  sunt rescrise mai simplificat, respectiv:

$$A \ominus B = \{(x, y) \mid B_{(x,y)} \subseteq A\} = \bigcap_{(u,v) \in B} A_{(-u,-v)} = \bigcap_{(u,v) \in B^S} A_{(u,v)} \quad (2.3)$$

$$A \oplus B = \{(x, y) \mid B_{x,y} \cap A \neq \{\phi\}\} = \bigcup_{(u,v) \in B} A_{(-u,-v)} = \bigcup_{(u,v) \in B^S} A_{u,v} \quad (2.4)$$

unde  $A$  este o *imagine binară* 2-D și  $B$  este un *element structurant* 2-D definit pe un spațiu euclidian,  $E \subseteq \mathbb{Z}^2$ .

$A_{(u,v)}$  și  $B_{(x,y)}$  sunt translații ale lui  $A$  și  $B$  cu vectorii  $(u, v)$  și  $(x, y)$ .  $B^S$  reprezintă simetricul elementului structurant  $B$ :

$$B^S = \{(x, y) \in E \mid (-x, -y) \in B\}. \quad (2.5)$$

În continuare, o multitudine de operatori ai Morfologiei Matematice sunt derivați din dilatarea și erodarea morfologică, cum ar fi *deschiderea morfologică*:

$$\gamma_g(f)(x) = \delta_{\check{g}}(\varepsilon_g(f))(x) = ((f \ominus g) \oplus g)(x), \forall x \in E_f \subseteq \mathbb{R}^n \quad (2.6)$$

și închiderea morfologică:

$$\phi_g(f)(x) = \varepsilon_{\check{g}}(\delta_g(f))(x) = ((f \oplus g) \ominus g)(x), \forall x \in E_f \subseteq \mathbb{R}^n \quad (2.7)$$

și gradientul morfologic:

$$\nabla_g(f)(x) = \delta_g(f)(x) - \varepsilon_g(f)(x) = (f \oplus g)(x) - (f \ominus g)(x), \forall x \in E_f \subseteq \mathbb{R}^n \quad (2.8)$$

unde funcția structurantă  $g : E_g \subseteq \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  și funcția structurantă simetrică  $\check{g}(x) = g(-x)$ ,  $\forall x \in \mathbb{R}^n$ , sunt aceleași funcții semi-continue definite mai sus.

În cazul imaginilor binare 2-D operatorii morfologici *deschiderea morfologică binară* ( $\circ$ ) și *închiderea morfologică binară* ( $\bullet$ ) sunt definite respectiv:

$$\begin{aligned} A \circ B &= (A \ominus B) \oplus B^S = \{(x, y) | (x, y) \in B_{(u,v)} \wedge B_{(u,v)} \subseteq A\} = \\ &= \bigcup_{(u,v) \in A} \{B_{(u,v)} | B_{(u,v)} \subseteq A\} \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B^S = \bigcap_{(u,v) \in A^C} \{B_{(u,v)}^C | B_{(u,v)} \subseteq A^C\} = (A^C \circ B^S)^C \quad (2.10)$$

unde  $A$  este o imagine binară 2-D și  $B$  este un *element structurant* 2-D definit pe un spațiu euclidian,  $E \in \mathbb{Z}^2$ .

$B^S$  reprezintă simetricul elementului structurant  $B$ .  $B_{(u,v)}$  este translația lui  $B$  cu vectorul  $(u, v)$ .  $A^C$  este complementul lui  $A$  relativ la  $E$ ,  $A^C = \{(x, y) | (x, y) \in E \wedge (x, y) \notin A\}$ .

Pe lângă *gradientul morfologic* ( $\nabla_B$ ) vom defini, de asemenea, *conturul extern* ( $\beta_B^{ext}$ ) și *conturul intern* ( $\beta_B^{int}$ ) pentru imagini binare 2-D:

$$\nabla_B(A) = (A \oplus B) - (A \ominus B) \quad (2.11)$$