CURS 10

Expresii LAMBDA. Mecanisme definiționale evoluate. Funcții MAP

Cuprins

1. Definirea funcțiilor anonime. Expresii LAMBDA

În situaţiile în care

- funcţie folosită o singură dată este mult prea simplă ca să merite a fi definită
- funcţia de aplicat trebuie sintetizată dinamic (nu este, deci, posibil să fie definită static prin DEFUN)

se poate utiliza o formă funcţională particulară numită **expresie lambda**.

O expresie lambda este o listă de forma

(LAMBDA l f_1 f_2 ... f_m)

ce defineşte o funcţie anonimă utilizabilă doar local, o funcţie ce are definiţia şi apelul concentrate în acelasi punct al programului ce le utilizează, l fiind lista parametrilor iar f_1...f_m reprezentând corpul funcţiei.

Argumentele unei expresii lambda sunt evaluate la apel. Dacă se doreşte ca argumentele să nu fie evaluate la apel trebuie folosită forma **QLAMBDA**.

O astfel de formă LAMBDA se foloseşte în modul uzual:

((LAMBDA l f_1 f_2 ... f_m) par_1 par_2 ... par_n)

Exemple

Iată câteva exemple de utilizare a funcțiilor anonime

- ((lambda (l) (cons (car l) (cdr l))) '(1 2 3)) = (1 2 3)
- ((lambda (l1 l2) (append l1 l2)) '(1 2) '(3 4)) = (1 2 3 4)

- Să se definească o funcție care primește ca parametru o listă neliniară și returnează NIL dacă lista are cel puțin un atom numeric la nivel superficial și T, în caz contrar.

```
(defun f(l)
    (cond
            ((null l) t)
            (((lambda (v)
                    (cond
                            ((numberp v) t)
                            (t nil)
                    )
              )
              (car l)
             ) nil)
            (t (f (cdr l)))
    )
)
```

1.1 Forma LABELS

O formă specială pentru legarea locală a funcțiilor este forma LABELS.

Exemple

Ex1. evaluarea

```
(labels ((fct(l)
                (cdr l)
         )
        )
        (fct '(1 2))
)
```

va produce (2).

Ex2.

```
(labels ((temp (n)
                (cond
                  ((= n 0) 0)
                  (t (+ 2 (temp (- n 1))))
                )
           )
        )
   (temp 3)
  )
```

va produce 6

Ex3. Să se scrie o funcţie care primeşte ca parametru o listă de liste formate din atomi şi întoarce T dacă toate listele conţin atomi numerici şi NIL în caz contrar.

(test '((1 2) (3 4))) = T
(test '((1 2) (a 4))) = NIL
(test '((1 (2)) (a 4))) = NIL

Soluție

```
(DEFUN TEST (L)
        (COND
                ((NULL L) T)
                ((LABELS ((TEST1 (L)
                                (COND
                                        ((NULL L) T)
                                        ((NUMBERP (CAR L)) (TEST1 (CDR L)))
                                        (T NIL)
                                )
                        )
                )
                  (TEST1 (CAR L))
                 )
                 (TEST (CDR L)))
                (T NIL)
        )
)
```

1.2 Utilizarea expresiilor LAMBDA pentru evitarea apelurilor repetate

Ex1. Fie următoarea definiție de funcție

```
(defun g(l)
        (cond
                ((null l) nil)
                (t (cons (car (f l)) (cadr (f l))))
        )
)
```

Soluția pentru a evita apelul **(f l)** este folosirea unei funcţii anonime utilizată local, care să poată fi apelată cu parametrul actual **(f l)**.

Varianta 1

```
(defun g(l)
        (cond
                ((null l) nil)
                (t ((lambda (v)
```

```
                    (cons (car v) (cadr v))
                )
                (f l)
            )
        )
    )
```

Varianta 2

```
(defun g(l)
    ((lambda (v)
        (cond
            ((null l) nil)
            (t (cons (car v) (cadr v)))
        )
     )
     (f l)
    )
)
```

Ex2. Să considerăm definiția funcției care generează lista submulțimilor unei mulțimi reprezentate sub formă de listă (a se vedea Cursul 9, Exemplul 2.3).

```
(defun subm(l)
    (cond
        ((null l) (list nil))
        (t (append (subm (cdr l)) (insPrimaPoz (car l) (subm (cdr l)))))
    )
)
```

După cum se observă, apelul (subm (cdr l) este repetat. Pentru a evita apelul repetat, se va folosi o expresie LAMBDA.

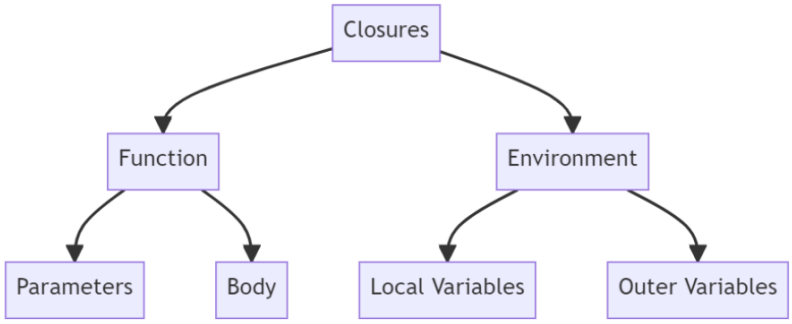
O posibilă soluție este următoarea:

```
(defun subm(l)
    (cond
        ((null l) (list nil))
        (t ((lambda (s)
                (append s (insPrimaPoz (car l) s))
            )
            (subm (cdr l))
        )
        )
    )
)
```

2. Mecanisme definiționale evoluate

Closure **(închidere)**

- *Lexical closure*
- https://dept-info.labri.fr/~strandh/Teaching/MTP/Common/David-Lamkins/chapter15.html
- combinație între o funcție și mediul lexical în care aceasta e definită
    - o închidere dă acces la domeniul de vizibilitate al unei funcții exterioare dintr-o funcție interioară



    - o **închidere** este o funcție care acces la variabilele care sunt în afara domeniului lor de vizibilitate lexical, chiar după ce aceasta și-a încheiat execuția
        - astfel funcția își "memorează" mediul în care a fost creată
- expresiile Lambda în Lisp reprezintă **închideri**
- conceptul provine din programarea funcțională, dar apare și în programarea imperativă
    - C++ 11 - funcțiile lambda construiesc o închidere
    - Javascript, Python

Clojure

- https://clojure.org/
- dialect al limbajului Lisp pe platforme Java
- multi-paradigmă, orientat agent, concurent, funcțional, logic

Clozure Common Lisp (CCL)

- implementare Common Lisp
    - fire de execuție, compilare rapidă, mecanism pentru apelul funcțiilor externe (mecanism de *callback* – funcții Lisp apelate din cod extern)

Fie următoarele definiții și evaluări

```
> (defun f()
        10
   )
F
> (setq f  '11)
11
> (f)
10
> f
11
> (function f)
#<CLOSURE F NIL (DECLARE (SYSTEM::IN-DEFUN F)) (BLOCK F 10)>
> (setq g 7)
7
> (function g)
undefined function G
> (quote g)       //echivalent cu 'g
G
> (function car)
#<SYSTEM-FUNCTION CAR>
> (function (lambda (l) (cdr l)))
#<CLOSURE :LAMBDA (L) (CDR L)>
```

De remarcat faptul că AND și OR nu sunt considerate funcții, ci operatori speciali.

```
> (function not)
#<SYSTEM-FUNCTION NOT>
> (function and)
undefined function AND
> (function or)
undefined function OR
```

!!! Din punct de vedere semantic, standardul CommonLisp impune să se indice dacă e vorba de o funcție sau un simbol.

Argument		
Funcție **f**	#'**f**	(function **f**)
Simbol **x**	'**x**	(quote **x**)

	Funcție **f**
Standard	#'f
CLisp	'f
GCLisp, Emacs Lisp, alte dialecte	'f

	Expresie Lambda
Standard	#'(lambda ....)

CLisp	(lambda ...)
GCLisp, Emacs Lisp, alte dialecte	'(lambda ....)

Forma EVAL

Aplicarea formei EVAL este echivalentă cu apelul evaluatorului Lisp. Sintaxa funcţiei este

(EVAL f) : e

Efectul constă în evaluarea formei şi returnarea rezultatului evaluării. Forma este evaluată de fapt în două etape: mai întâi este evaluată ca argument al lui EVAL iar apoi rezultatul acestei evaluări este din nou evaluat ca efect al aplicării funcţiei EVAL. De exemplu:

- (SETQ X '((CAR Y) (CDR Y) (CADR Y)))
- (SETQ Y '(A B C))
- (CAR X) se evaluează la (CAR Y)
- (EVAL (CAR X)) va produce A

Mecanismul este asemănător cu ceea ce înseamnă indirectarea prin intermediul pointerilor din cadrul limbajelor imperative.

- (SETQ L '(1 2 3))
- (SETQ P '(CAR L))
- P se evaluează la (CAR L)
- (EVAL P) va produce 1

- (SETQ B 'X)
- (SETQ A 'B)
- (EVAL A) se evaluează la X
- (SETQ L '(+ 1 2 3))
- L se evaluează la (+ 1 2 3)
- (EVAL L) se evaluează la 6

Observaţie. Lisp nu evaluează primul element dintr-o formă, ci numai îl aplică.

Ex: Asocierea (SETQ Q 'CAR) nu permite apelul sub forma (Q '(A B C)), un astfel de apel semnalând eroare în sensul că evaluatorul LISP nu găseste nici o funcţie cu numele Q. Pe de altă parte, nici numai cu ajutorul functiei EVAL nu putem rezolva problema:

- (SETQ Q 'CAR)
- (SETQ P 'Q)
- (EVAL P) va produce CAR
- ((EVAL P) '(A B C)) va produce mesaj de eroare: “Bad function when ...”

Mesajul de eroare de mai sus apare deoarece Lisp nu-şi evaluează primul argument dintr-o formă.

!!! O listă este totdeauna evaluată dacă acest lucru nu este oprit explicit (prin QUOTE), în schimb primul argument al oricărei liste nu este niciodată evaluat!

Exemplu Fie lista L care pe prima poziție are un operator binar (+, - , *, /), iar pe următoarele 2 poziții are 2 operanzi (numerici). De exemplu, L = (* 2 3 – 4 1 ...). Se cere să returneze rezultatul aplicării operatorului (1-ul element al listei) asupra celor doi operanzi care urmează în listă. În exemplu nostru, ar trebui să se returneze valoarea 6.

Soluția este simplă: (EVAL (LIST (CAR L) (CADR L) (CADDR L))) = 6

Forme funcţionale. Funcţiile APPLY şi FUNCALL

Există situaţii în care forma funcţiei nu se cunoaşte, expresia ei trebuind să fie determinată dinamic. Ar trebui să avem ceva de genul

(EXPR_FUNC p_1 ... p_n)

Deoarece EXPR_FUNC trebuie să genereze în cele din urmă o funcţie ea este o aşa-numită **formă funcţională**. Forma EXPR_FUNC este evaluată până ce se obţine o funcţie sau, în general, o expresie ce poate fi aplicată parametrilor.

Într-o astfel de situaţie, evaluarea parametrilor este amânată până în momentul reducerii formei funcţionale EXPR_FUNC la funcţia propriu-zisă F. Parametrii vor fi evaluaţi doar dacă F își evaluează, în prealabil. paranetrii. Deci evaluarea formei de mai sus parcurge etapele:

(i) reducerea formei EXPR_FUNC la F (eventual o expresie LAMBDA sau macrodefiniţie) şi substituţia lui EXPR_FUNC prin F în forma de evaluat;
(ii) evaluarea formei (F p_1 ... p_n).

Există însă situaţii în care şi numărul parametrilor trebuie stabilit dinamic, deci funcţia determinată dinamic trebuie să accepte un număr variabil de parametri. Este nevoie deci de o modalitate de a permite aplicarea unei funcţii asupra unei mulţimi de parametri sintetizată eventual dinamic. Acest lucru este oferit de funcţiile APPLY şi FUNCALL.

(APPLY ff lp):e

- se evaluează argumentul și apoi se trece la evaluarea funcției
- Funcţia APPLY permite aplicarea unei funcţii asupra unor parametri furnizaţi sub formă de listă. În descrierea de mai sus, **ff** este o formă functională şi **lp** este o formă reductibilă prin evaluare la o listă de parametri efectivi (p_1 p_2 ... p_n).

EXEMPLE

- (APPLY #'CONS '(A B)) va produce (A . B)
- (APPLY (FUNCTION CONS) '(A B)) va produce (A . B)
- (APPLY #'MAX '(1 2 3)) va produce 3
- (APPLY #'+ '(1 2 3)) va produce 6

- (DEFUN F(L) (CDR L))
- (APPLY #'F '((1 2 3)) va produce (2 3)

- (APPLY #'(LAMBDA (L) (CAR L)) '((A B C))) va produce A

- (SETQ P 'CAR)
- (APPLY P '((A B C))) va produce A
- (APPLY #'P '((A B C))) va produce eroare undefined function P

- (SETQ Q 'CAR)
- (SETQ P 'Q)
- (APPLY (EVAL P) '((1 2 3))) va produce 1

(FUNCALL ff l1 l2 ...ln):e

- se evaluează argumentul și apoi se trece la evaluarea funcției
- FUNCALL este o variantă a funcţiei APPLY care permite aplicarea unei funcţii (sau expresii) rezultate prin evaluarea unei forme funcţionale **ff** asupra unui număr fix de parametri.

EXEMPLE

- (FUNCALL #'CONS 'A 'B) va produce (A . B)
- (FUNCALL (FUNCTION CONS) 'A 'B) va produce (A . B)
- (FUNCALL #'MAX '1 '2 '3)) va produce 3
- (FUNCALL #'+ '1 '2 '3)) va produce 6

- (DEFUN F(L) (CDR L))
- (FUNCALL #'F '1 '2 '3) va produce (2 3)

- (FUNCALL #'(LAMBDA (L) (CAR L)) '(A B C)) va produce A

- (SETQ P 'CAR)
- (FUNCALL P '(A B C)) va produce A
- (FUNCALL # 'P '(A B C)) va produce eroare undefined function P

- (SETQ Q 'CAR)
- (SETQ P 'Q)
- (FUNCALL (EVAL P) '(1 2 3)) va produce 1

!!! Atenție la folosirea AND și OR, deoarece nu sunt funcții.

- (APPLY #'AND '((T NIL))) va produce eroare undefined function AND
- (APPLY #'OR '((T NIL))) va produce eroare undefined function OR

- (FUNCALL #'AND '(T NIL)) va produce eroare undefined function AND
- (FUNCALL #'OR '(T NIL)) va produce eroare undefined function OR

Soluția este definirea unei funcții al cărei efect să fie aplicarea AND/OR pe elementele unei liste cu valori logice T, NIL.

$$\text{SI}(l_1 l_2 \dots l_n) = \begin{cases} \text{adevarat} & daca\ l = \emptyset \\ \text{fals} & dacă\ l_1\ e\ fals \\ \text{SI}(l_2 \dots l_n) & altfel \end{cases}$$

```
(defun SI(l)
        (cond
                ((null l) t)
                ; (t (and (car l) (SI (cdr l))))
                ((not (car l)) nil)
                (t (SI (cdr l)))
        )
)
```

- (FUNCALL #'SI '(T NIL T)) va produce NIL
- (SI '(T T T)) va produce T

Exemple

Ex 1

- (DEFUN F()
        #'(LAMBDA (x) (CAR x))
)
- (FUNCALL (F) '(1 2 3)) → ???
- (APPLY (F) '((1 2 3))) → ???

Ex 2

- (FUNCALL (FUNCTION (LAMBDA (x) x)) 1) → ???

Exemplificare Closure Common Lisp

Ex1

```
(defun increment (x)
      (lambda (y)
            (+ x y)
      )
)

(setq inc5 (increment 5))
; returnează o nouă funcție (închidere) care adaugă 5 la argumentul său
```

```
(print (funcall inc5 3)) ; va afișa 8
```

Ex2

```
(defun two-funs (x)
        (list
                (function (lambda () x))
                (function (lambda (y) (setq x y)))
        )
)
(setq funs1 (two-funs 6))

(funcall (first funs1)) =>  6
(funcall (second funs1) 43) =>  43
(funcall (first funs1)) =>  43
(setq funs2 (two-funs 5))
(funcall (first funs2)) =>  5
(funcall (second funs2) 13) =>  13
(funcall (first funs2)) =>  13
(funcall (first funs1)) =>  43
```

3. Funcții MAP

Rolul funcţiilor MAP este de a aplica o funcţie în mod repetat asupra elementelor (sau sublistelor succesive) listelor date ca argumente.

(MAPCAR f l_1 ... l_n) : l

- se evaluează argumentele și apoi se trece la evaluarea funcției
- efect: funcţia n-ară **f** este aplicată pe rând asupra:
    - CAR-ului listelor => e_1
    - CADR-ului listelor => e_2
    - ….până când una din liste ajunge vidă
  - Rezultatele sunt grupate cu **LIST** într-o listă ce e returnată rezultat

Iată câteva exemple de aplicare ale funcției MAPCAR:

- (MAPCAR #'CAR '((A B C) (X Y Z))) se evaluează la (A X)
- (MAPCAR #'EQUAL '(A (B C) D) '(Q (B C) D X)) se evaluează la (NIL T T)
- (MAPCAR #'LIST '(A B C)) se evaluează la ((A) (B) (C))
- (MAPCAR #'LIST '(A B C) '(1 2)) se evaluează la ((A 1) (B 2))
- (MAPCAR #'+ '(1 2 3) '(4 5 6)) se evaluează la (5 7 9)

Aplicarea funcţiei LIST este posibilă indiferent de numărul listelor argument deoarece LIST este o funcţie cu număr variabil de argumente.

Observație. Dacă F este o funcție unară, care se aplică unei liste L=($l_1 l_2 \dots l_n$), atunci

(MAPCAR #'F L) va produce lista $(F(l_1), F(l_2), \dots, F(l_n))$

Exemple

1. Să se definească o funcție MODIF care să modifice o listă dată ca parametru astfel: atomii nenumerici rămân nemodificaţi iar cei numerici îşi dublează valoarea; modificarea trebuie făcută la toate nivelurile.

   (MODIF '(1 (b (4) c) (d (3 (5 f))))) va produce (2 (b (8) c) (d (6 (10 f))))

   Model recursiv

$$\text{MODIF}(l) = \begin{cases} 2l & \text{dacă } l \text{ numar} \\ l & \text{dacă } l \text{ atom} \\ \bigcup_{i=1}^{n} \text{MODIF}(l_i) & altfel, l = (l_1 l_2 \dots l_n) \text{ e lista} \end{cases}$$

```
(DEFUN  MODIF (L)
        (COND
                ((NUMBERP L) (* 2 L)) ; determină operaţia asupra atomilor numerici
                ((ATOM L) L) ; determină operaţia asupra atomilor nenumerici
                (T (MAPCAR #'MODIF L)) ; reprezintă strategia de parcurgere
        )
)
```

2. Să se construiască o funcţie LGM ce determină lungimea celei mai lungi subliste dintr-o listă dată L (dacă lista este formată numai din atomi atunci lungimea cerută este chiar cea a listei L).

   (LGM '(1 (2 (3 4) (5 (6)) (7)))) va produce 4

   Descrierea algoritmului se poate exprima astfel:

   a). valoarea LGM este maximul dintre lungimea listei L şi maximul valorilor de aceeaşi natură calculate prin aplicarea lui LGM pentru fiecare element al listei L în parte;
   b). LGM(atom) = 0.

   Model recursiv

$$\text{LGM}(l) = \begin{cases} 0 & \text{dacă } l \text{ e atom} \\ \max(n, \max(\text{LGM}(l_1), \text{LGM}(l_2), \dots, \text{LGM}(l_n)) & altfel, l = (l_1 l_2 \dots l_n) \text{ e lista} \end{cases}$$

```
(DEFUN LGM(L)
        (COND
                ((ATOM L) 0)
                (T (MAX (LENGTH L) (APPLY #'MAX (MAPCAR #'LGM L)) ))
        )
)
```

Aplicarea funcţiilor ATOM şi LENGTH calculează de fapt lungimile, (MAPCAR #'LGM L) realizând de fapt parcurgerea integrală a listei. Apelul (MAPCAR 'LGM L) furnizează o listă de lungimi. Deoarece trebuie să obţinem maximul acestora, va trebui să aplicăm funcţia MAX pe elementele acestei liste. Pentru aceasta folosim APPLY.

(MAPCAN f l_1 ... l_n) : l

- se evaluează argumentele și apoi se trece la evaluarea funcției
- efect: funcţia n-ară **f** este aplicată pe rând asupra:
    - CAR-ului listelor => e_1
    - CADR-ului listelor => e_2
    - CADDR-ului listelor => e_3
    - ….până când una din liste ajunge vidă
  - Rezultatele sunt grupate cu **NCONC** într-o listă ce e returnată rezultat

(NCONC l1 l2 ... ln) : l

Relativ la modificarea sau nu a structurii listelor implicate, concatenarea de liste se poate efectua în două maniere: cu modificarea listelor (folosind funcţia NCONC) şi fară (folosind funcţia APPEND)

- se evaluează argumentele și apoi se trece la evaluarea funcției
- efect: **NCONC** realizează concatenarea efectivă (fizică) prin modificarea ultimului pointer (cu valoarea NIL) al primelor n-1 argumente şi întoarce primul argument, care le va îngloba la ieşire pe toate celelalte.

- (SETQ L1 '(A B C) L2 '(D E)) se evaluează la (D E)
- (APPEND L1 L2) se evaluează la (A B C D E)
- L1 se evaluează la (A B C)
- L2 se evaluează la (D E)
- (SETQ L3 (NCONC L1 L2)) se evaluează la (A B C D E)
- L1 se evaluează la (A B C D E)

- (SETQ L1 '(A) L2 '(B) L3 '(C)) se evaluează la (C)
- L1 se evaluează la (A)
- L2 se evaluează la (B)
- L3 se evaluează la (C)
- (NCONC L1 L2 L3) se evaluează la (A B C)
- L1 se evaluează la (A B C)

- L2 se evaluează la (B C)
- L3 se evaluează la (C)

Exemple MAPCAN

- (MAPCAN #'CAR '((A B C) (X Y Z))) se evaluează la NIL, deoarece NCONC cere liste, şi ca atare (NCONC 'A 'X) este NIL
- (MAPCAN #'LIST '(A B C) '(1 2)) se evaluează la (A 1 B 2)
- (MAPCAN #'LIST '(A B C)) se evaluează la (A B C)
- (MAPCAN #'EQUAL '(A (B C) D) '(Q (B C) D X)) se evaluează la NIL
- (MAPCAN #'+ '(1 2 3) '(4 5 6)) se evaluează la NIL

Observație (MAPCAN vs. MAPCAR)

Fie următoarele definiții

```
(defun F(L)
        (cdr L)
)
```

(setq L '((1 2 3) (4 5 6) (7 8))) → ((1 2 3) (4 5 6) (7 8))

(mapcar #'F L) → ((2 3) (5 6) (8 9))

(mapcan #'F L) → (2 3 5 6 8 9)

⇒ **(apply #'append (mapcar #'F L)) ≡ (mapcan #'F L)**

(MAPLIST f l_1 ... l_n) : l

- se evaluează argumentele și apoi se trece la evaluarea funcției
- efect: funcţia n-ară **f** este aplicată pe rând asupra:
  - listelor => e_1
  - CDR-ului listelor => e_2
  - CDDR-ului listelor => e_3
  - ….până când una din liste ajunge vidă
  - Rezultatele sunt grupate cu **LIST** într-o listă ce e returnată rezultat

Exemple MAPLIST

- (MAPLIST #'APPEND '(A B C) '(1 2 3)) furnizează ((A B C 1 2 3) (B C 2 3) (C 3))
- (MAPLIST #'(LAMBDA (X) X) '(A B C)) furnizează ((A B C) (B C) (C))
- (SETF TEMP '(1 2 7 4 6 5)) urmat de
  (MAPLIST #'(LAMBDA (XL YL) (< (CAR XL)(CAR YL)))
  TEMP (CDR TEMP)
) va furniza lista (T T NIL T NIL)

Comparativ cu exemplele date la MAPCAR, aici vom obține:

- (MAPLIST #'CAR '((A B C) (X Y Z))) se evaluează la ((A B C) (X Y Z))
- (MAPLIST #'LIST '(A B C) '(1 2)) se evaluează la (((A B C) (1 2)) ((B C) (2)))
- (MAPLIST #'LIST '(A B C)) se evaluează la (((A B C)) ((B C)) ((C)))
- (MAPLIST #'EQUAL '(A (B C) D) '(Q (B C) D X)) se evaluează la (NIL NIL NIL)
- (MAPLIST #'+ '(1 2 3) '(4 5 6)) va produce mesajul de eroare: "argument to + should be a number: (1 2 3)".

(MAPCON f l_1 ... l_n) : l

- se evaluează argumentele și apoi se trece la evaluarea funcției
- efect: funcţia n-ară **f** este aplicată pe rând asupra:
    - listelor => e_1
    - CDR-ului listelor => e_2
    - CDDR-ului listelor => e_3
    - ….până când una din liste ajunge vidă
  - Rezultatele sunt grupate cu **NCONC** într-o listă ce e returnată rezultat

Exemple MAPCON

- (MAPCON #'CAR '((A B C) (X Y Z))) furnizează (A B C X Y Z)
- (MAPCON #'LIST '(A B C) '(1 2)) furnizează ((A B C) (1 2) (B C) (2))
- (MAPCON #'LIST '(A B C)) furnizează ((A B C) (B C) (C))
- (MAPCON #'EQUAL '(A (B C) D) '(Q (B C) D X)) furnizează NIL
- (MAPCON #'+ '(1 2 3) '(4 5 6)) furnizează mesaj de eroare: : "argument to + should be a number: (1 2 3)"
- (DEFUN G(L)
  (MAPCON #'LIST L)
)

  (G '(1 2 3)) = ((1 2 3) (2 3) (3))

- (MAPCON #'(LAMBDA (L) (MAPCON #'LIST L)) '(1 2 3)) furnizează ((1 2 3) (2 3) (3) (2 3) (3) (3))