

Επιβλέπουσα:  
Ιζαμπώ Καράλη

Χάρης Γεωργίου, AM: M-177  
(email: grad0177@di.uoa.gr)

Γιάννης Κούτσιας, AM: M-187  
(email: grad0187@di.uoa.gr)

## **DIETARY EXPERT SYSTEM**

Έμπειρο Σύστημα στη γλώσσα λογικού προγραμματισμού  
CLIPS, για την εκτίμηση βέλτιστων διατροφικών  
προδιαγραφών, με βάση τα προσωπικά σωματικά και  
διατροφικά χαρακτηριστικά κάθε ατόμου.

## ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΚΟ ΕΜΠΕΙΡΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

### 1. ΛΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Το πρόγραμμα αποτελεί ένα έμπειρο σύστημα, με είσοδο κάποια βασικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ανθρώπου-χρήστη του συστήματος, περιλαμβάνοντας φυσικά σωματικά μεγέθη καθώς και στοιχεία διατροφής, σωματικής κατάστασης και στοιχείων διαβίωσης. Ως έξοδος παράγεται ένα σύνολο από ποιοτικές και ποσοτικές πληροφορίες διατροφικών αναγκών, αναφερόμενες περισσότερο σε διατροφικά συστατικά παρά σε πραγματικές τροφές και γεύματα.

Το σύνολο των πληροφοριών εισόδου αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

- ηλικία
- φύλο
- ύψος
- βάρος

Επίσης, χρησιμοποιούνται πληροφορίες σχετικά με ειδικές καταστάσεις, όπως:

- εγκυμοσύνη (πριν και μετά τον τοκετό)
- κλιματολογικές συνθήκες στον τόπο διαβίωσης (γεωγραφικό πλάτος)
- φόρτος εργασίας και βαθμός σωματικής καταπόνησης (είδος εργασίας, άθληση, κτλ.)
- κατανάλωση αλκοόλ
- κάπνισμα (στάδιο απεξάρτησης)
- επίπεδο διαβίωσης και βαθμός κοινωνικής ευημερίας

#### 1.1 Υπολογισμός Μέσου Σωματικού Βάρους

Η ηλικία, το ύψος, το φύλο και το βάρος αποτελούν τις βασικές σωματικές παραμέτρους, οι οποίες καθορίζουν σε πρώτη φάση τις διατροφικές απαιτήσεις, το μεταβολισμό και την κατανάλωση ενέργειας. Ως σημείο αναφοράς υπάρχουν ειδικοί πίνακες τιμών αυτών των παραμέτρων, που αποτελούν στατιστικώς τους μέσους όρους, και οι οποίες αναπροσαρμόζονται κατάλληλα για τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του χρήστη. Η αναπροσαρμογή γίνεται ως εξής:

1. Με βάση το ύψος του ατόμου, από τον σχετικό πίνακα υπολογίζεται το μέσο κανονικό βάρος. Το πραγματικό βάρος του ατόμου προς το μέσο κανονικό βάρος αποτελεί έναν πρώτο συντελεστή βάρους (ΣΒ1), που χρησιμοποιείται στη συνέχεια.
2. Με βάση την ηλικία και το φύλο του ατόμου, υπολογίζεται από τον σχετικό πίνακα το μέσο κανονικό βάρος (με στατιστικώς ανεξάρτητες παραμέτρους και διαφορετικές από την προηγούμενη περίπτωση). Το πραγματικό βάρος του ατόμου προς το μέσο κανονικό βάρος αποτελεί έναν δεύτερο συντελεστή βάρους (ΣΒ2).
3. Οι δύο επιμέρους συντελεστές βάρους συνδυάζονται ως εξής: δημιουργούμε το σταθμισμένο (weighted) μέσο όρο των δύο τιμών, πολλαπλασιάζοντας τον πρώτο

συντελεστή με βάρος 65% και τον δεύτερο με 35%. Ο λόγος της συγκεκριμένης επιλογής στάθμισης των συντελεστών είναι το γεγονός ότι σε οργανικό επίπεδο η ηλικία και το φύλο ενός ατόμου επηρεάζουν το βάρος περισσότερο από ότι το ύψος από μόνο του. Η νέα (σταθμισμένη) τιμή αποτελεί τον τελικό συντελεστή βάρους (ΣΒ) που χρησιμοποιείται για την αναπροσαρμογή των σχετικών με το μέσο βάρος διατροφικών παραμέτρων.

## 1.2 Υπολογισμός Μέσης Κατανάλωσης Ενέργειας

Μια επίσης σημαντική παράμετρο αποτελεί και η μέση κατανάλωση ενέργειας την ημέρα. Η μέση κατανάλωση ενέργειας (ΜΚΕ) για ένα άτομο εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ηλικία, το φύλο και το βάρος του. Με βάση αυτές τις παραμέτρους (και κυρίως το σωματικό βάρος) υπολογίζεται η τιμή της μέσης κατανάλωσης ενέργειας, η οποία στη συνέχεια σταθμίζεται με τον -τελικό- συντελεστή βάρους (ΣΒ) που υπολογίστηκε παραπάνω, δίνοντας την ονομαστική τιμή κατανάλωσης ενέργειας (ΟΚΕ) για το συγκεκριμένο άτομο. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για άτομα με τα ίδια ακριβώς σωματικά χαρακτηριστικά, χωρίς να υπεισέρχονται παράμετροι σχετικά με τον τρόπο διαβίωσής τους.

## 1.3 Ειδικές Παράμετροι

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στοιχεία διαβίωσης που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά τις διατροφικές παραμέτρους είναι σωματικές καταστάσεις (π.χ. εγκυμοσύνη) ή επίπεδο διαβίωσης (περιβάλλον, κλίμα, εργασία).

### *Εγκυμοσύνη*

Η κατάσταση εγκυμοσύνης αποτελεί ιδιαίτερο παράγοντα για το γυναικείο φύλο, όσο αφορά τις διατροφικές ανάγκες και τα σωματικά χαρακτηριστικά. Τόσο πριν, όσο και μετά τον τοκετό, ο μεταβολισμός της γυναίκας αλλάζει δραματικά, προκαλώντας αύξηση του σωματικού βάρους, ορμονικές διαταραχές και αυξημένες απαιτήσεις σε συγκεκριμένα διατροφικά στοιχεία. Συγκεκριμένα, μέσα στο διάστημα των εννέα μηνών της εγκυμοσύνης παρατηρείται σταδιακή αύξηση βάρους που φτάνει κατά μέσο όρο τα 10 κιλά, ενώ μετά τον τοκετό και κατά την περίοδο του θηλασμού το βάρος ελαττώνεται σταδιακά κατά 7 περίπου κιλά μέσα στους πρώτους 2-3 μήνες, επιστρέφοντας στο κανονικό βάρος μέχρι το τέλος του έτους. Όλη αυτή η περίοδος συνοδεύεται από αυξημένες ανάγκες σε αρκετά διατροφικά στοιχεία και ιδιαίτερα σε βιταμίνη C, ασβέστιο, σίδηρο, φώσφορο (μέχρι και διπλάσιες ποσότητες από τις συνιστώμενες ημερήσιες ποσότητες).

### *Κλιματολογικές συνθήκες - Τόπος διαβίωσης*

Λόγω των σημαντικών κλιματολογικών διαφορών που συναντώνται σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη, είναι φυσικό οι διατροφικές ανάγκες και τα σωματικά χαρακτηριστικά των ατόμων να διαφέρουν ανάλογα. Συγκεκριμένα έχει διαπιστωθεί πως οι άνθρωποι που ζουν σε περιοχές κοντά στον Ισημερινό παρουσιάζουν μειωμένο σωματικό βάρος και ελάττωση των ενεργειακών αναγκών, αντίθετα με τους ανθρώπους των πολικών περιοχών, που εμφανίζουν αυξημένο βάρος και ενεργειακές ανάγκες. Οι εύκρατες περιοχές θεωρούνται ότι βρίσκονται στο μέσο όρο

των ενεργειακών αναγκών, ενώ στις πολικές περιοχές οι ανάγκες επαξάνονται κατά +400 θερμίδες ημερησίως και στις τροπικές περιοχές μειώνονται κατά -400 θερμίδες ημερησίως, αντίστοιχα.

#### *Φόρτος εργασίας - Σωματική καταπόνηση*

Το είδος και οι συνθήκες εργασίας επηρεάζουν σημαντικά τις ενεργειακές και σωματικές ανάγκες κάθε ατόμου. Εκτός από τις συνολικές ώρες εργασίας ημερησίως, ο φόρτος εργασίας σχετίζεται και με τον τύπο της εργασίας, δηλαδή αν είναι καθηστική, χειρονακτική, πνευματική, νυχτερινή, κτλ. Στους παράγοντες σωματικής καταπόνησης σε καθημερινό επίπεδο περιλαμβάνονται επίσης η άθληση, το περπάτημα, το στρες και κάθε άλλου είδους σωματική δραστηριότητα. Οι διαφορές στις ενεργειακές απαιτήσεις κυμαίνονται μεταξύ +/-500 θερμίδες ημερησίως.

#### *Κατανάλωση αλκοόλ*

Η κατανάλωση αλκοόλ, αν και συνήθως δεν συμπεριλαμβάνεται στις συνήθειες διατροφικές συνήθειες, παρόλα αυτά συμβάλλει σημαντικά στα ενεργειακά αποθέματα του οργανισμού, λίγο ή πολύ ανάλογα με την ποσότητα και το είδος του αλκοολούχου ποτού, και οδηγεί συνήθως σε σημαντική υπέρβαση των μέσων ενεργειακών αναγκών και την απόκτηση επιπλέον σωματικού βάρους. Αξίζει να αναφερθεί ότι η θερμιδική αξία των λιπαρών είναι 9 θερμίδες ανά γραμμάριο και του αλκοόλ 7 θερμίδες ανά γραμμάριο (1 κουτί μύρα 330ml αντιστοιχεί σε 150 θερμίδες).

#### *Κάπνισμα*

Το κάπνισμα είναι γενικά μια από τις πλέον εθιστικές συνήθειες, η οποία προκαλεί ορμονικές διαταραχές και σοβαρά προβλήματα υγείας. Όσο αφορά την περίοδο απεξάρτησης, συνήθως συνοδεύεται από διαταραχές στο μεταβολισμό και αύξηση του σωματικού βάρους. Αν και η αύξηση αυτή συνδέεται σε μεγάλο ποσοστό με ψυχολογικά αίτια, γενικά είναι ανεξάρτητη από το φύλο ή την ηλικία του ατόμου, φτάνοντας περίπου τα 5 κιλά μέσα στους πρώτους δύο μήνες και τα 2 κιλά στους πρώτους 6 μήνες.

#### *Επίπεδο διαβίωσης - Κοινωνική ευημερία*

Οι συνθήκες διαβίωσης στις σύγχρονες κοινωνίες χαρακτηρίζονται από το ρυθμό κατανάλωσης και τη διαθεσιμότητα των αγαθών. Με βάση το επίπεδο διαβίωσης διαμορφώνονται τέσσερις βασικές κατηγορίες: υπερ-αστικές κοινωνίες, αστικές, αναπτυσσόμενες και υποανάπτυκτες. Συμβατικά, σε κάθε μια κατηγορία αντιστοιχεί ένας συντελεστής αύξησης ή μείωσης της διαθεσιμότητας αγαθών, που σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα διαβίωσης των κατοίκων που ζουν σε αυτή. Έτσι, οι συντελεστές αυτοί (+10%, +4%, -4%, -10%) χρησιμοποιούνται για τη στάθμιση του βάρους, ως βασικό μέτρο επηροής του κοινωνικού περιβάλλοντος στο άτομο και τις διατροφικές του συνήθειες.

Μετά από όλες τις προσαρμογές και το συνδυασμό των επιμέρους πληροφοριών, το σύστημα καταλήγει σε ένα τελικό σύνολο δεδομένων, αρκετά κοντά στο πραγματικό επίπεδο, το οποίο χρησιμοποιείται ως βάση για την περαιτέρω εξαγωγή συμπερασμάτων, δηλαδή μια εκτίμηση των βέλτιστων διατροφικών προδιαγραφών για το συγκεκριμένο άτομο.

## 2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο πυρήνας του έμπειρου συστήματος αποτελείται από ένα σύνολο κανόνων συμπερασμού, οι οποίοι υλοποιούν το μοντέλο υπολογισμού και συσχέτισης των 22 βασικών διατροφικών στοιχείων με το σύνολο των δεδομένων εισόδου (ηλικία, φύλο, ύψος, βάρος, ενεργειακές ανάγκες). Πολλά από τα συστατικά αυτά υπολογίζονται με περισσότερες από μία διαφορετικές μεθόδους και το τελικό αποτέλεσμα είναι είτε μια συνδυασμένη τιμή είτε ένα πεδίο τιμών.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται σχηματικά το σύνολο των 22 διατροφικών συστατικών, την κύρια παράμετρο ή χαρακτηριστικό εξάρτησης (αν υπάρχει), καθώς και τη μέθοδο ή μεθόδους ποσοτικού υπολογισμού τους συνοπτικά:

Συστατικό	Εξάρτηση από	Υπολογισμός
Νερό	-	1,2-1,5 lit/ημέρα
Υδατάνθρακες	-	50-100 gr/ημέρα 300 gr/2000cal
Φώσφορος	-	800 mgr/ημέρα (έγκυες γυναίκες: x2)
Νάτριο	-	500-2000 mgr/ημέρα 2400 mgr/2000cal
Βιταμίνη B1	-	1,4 mgr
Βιταμίνη B2	-	1,6 mgr
Βιταμίνη B6	-	2 mgr
Βιταμίνη C	-	60 mgr/ημέρα (έγκυες γυναίκες: x2)
Βιταμίνη E	-	10 mgr
Φολικό Οξύ	-	0,20 mgr
Λίπη	-	Ακόρεστα: 30% των θερμίδων Κορεσμένα 10% των θερμίδων (20 gr/2000cal)
Χοληστερόλη	-	300 mgr/ημέρα 300 mgr/2000cal
Ίνες	-	20-35 gr/ημέρα 25 gr/2000cal
Ασβέστιο	-	800 mgr/ημέρα (έγκυες γυναίκες: x2)
Κάλιο	-	2000 mgr/ημέρα 3500 mgr/2000cal
Πρωτεΐνες	Βάρος	0,8 gr/kg βάρους 50 gr/2000cal
Βιταμίνη A	Φύλο	5000 UI (άνδρες) 4000 UI (γυναίκες)
Ριβοφλαβίνη	Φύλο	1,4-1,7 mgr (άνδρες) 1,2-1,3 mgr (γυναίκες)
Θερμίδες (cal)	Φύλο	2500 cal (άνδρες) 2000 cal (γυναίκες)

Σίδηρος	Φύλο	10 mgr (άνδρες) 15 mgr (γυναίκες) (έγκυες γυναίκες: x2)
Θιαμίνη	Φύλο	1,5 mgr (άνδρες) 1,1 mgr (γυναίκες)
Νιασίνη	Φύλο	15-19 mgr (άνδρες) 13-15 mgr (γυναίκες)

### 3. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Τα δεδομένα εισόδου ομαδοποιούνται σε μία δομή template (frame) ως εξής:

```
(deftemplate person
  (slot age (type INTEGER) (default 50))
  (slot sex (type INTEGER) (default 1))
  (slot height (type INTEGER) (default 180))
  (slot weight (type INTEGER) (default 100))
  (slot w1coef (type FLOAT) (default 0.0))
  (slot w2coef (type FLOAT) (default 0.0))
  (slot calories (type INTEGER) (default 0))
  (slot calflag (type INTEGER) (default 0))
  (slot workload (type INTEGER) (default 0))
  (slot alcohol (type INTEGER) (default 0))
  (slot pregnancy (type INTEGER) (default 0))
  (slot geoplace (type INTEGER) (default 1))
  (slot social (type INTEGER) (default 0))
  (slot smoking (type INTEGER) (default 0))
  (slot seqflag (type INTEGER) (default 0))
)
```

Τα slots αντιπροσωπεύουν τα εξής:

- Τα Κύρια slots (Βασικά κοινά χαρακτηριστικά)
  - age: Η ηλικία του ατόμου
  - sex: Το φύλλο του ατόμου
  - height: Το ύψος του ατόμου
  - weight: Το βάρος του ατόμου
  - calories: Οι θερμίδες που χρειάζεται το άτομο
- Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά
  - pregnancy: Αν το άτομο είναι γυναίκα σε κατάσταση εγκυμοσύνης
  - geoplace: Ο γεωγραφικός χώρος διαβίωσης
  - social: Παράγοντας ποιότητας διαβίωσης
  - smoking: Αν το άτομο είναι σε κατάσταση αποτοξίνωσης από το κάπνισμα
  - alcohol: Αν το άτομο καταναλώνει αλκοόλ

- Τα βοηθητικά χαρακτηριστικά
  - w1coef: Ο πρώτος συντελεστής βάρους (ΣΒ1)
  - w2coef: Ο δεύτερος συντελεστής βάρους (ΣΒ2)
  - calflag: Δείκτης προσαρμογής μέσω ενεργειακών αναγκών
  - seqflag: Δείκτης διαδοχικών προσαρμογών (βάρους και θερμίδων)

Σε όλες τις περιπτώσεις, οι κανόνες IF-THEN και η τροποποίηση μεμονομένων slots γίνεται με τον εξής τρόπο:

```
(deffunction pregn1 (?mnth) (* (/ 10 9) ?mnth))
```

```
(defrule norm_pregn1
?p <- (person (age ?a) (sex ?s) (height ?h) (weight ?w) (w1coef ?w1c) (w2coef ?w2c)
(calories ?c) (calflag ?cf) (workload ?wl) (alcohol ?alc) (pregnancy ?pg) (geoplace
?geo)
(social ?so) (smoking ?sm) (seqflag ?sf))
(test (= ?sf 3))
(test (> ?pg 0))
(test (<= ?pg 9))
=>
(printout t "Adjusting calories due to pregnancy" crlf)
(retract ?p)
(assert(person (calories (+ ?c (* (/ ?c ?w) (pregn1 ?pg)))) (calflag 1) (age ?a)
(sex ?s) (weight (+ ?w (pregn1 ?pg))) (w1coef ?w1c) (height ?h) (w2coef ?w2c)
(workload ?wl) (alcohol ?alc) (pregnancy ?pg) (geoplace ?geo) (social ?so)
(smoking ?sm) (seqflag 4))))
```

Η αναπαράσταση των πινάκων και των μετατροπών των ποσοτικών πληροφοριών γίνεται μέσω επιμέρους ορισμών IF-THEN κανόνων καθώς και συναρτήσεων. Στην περίπτωση των συναρτήσεων η υλοποίηση είναι άμεση ενώ με τους κανόνες υλοποιούνται τμηματικά οι πίνακες. Επίσης οι συναρτήσεις χρησιμοποιούνται για τον άμεσο υπολογισμό πολύπλοκων αριθμητικών παραστάσεων.

Η μορφή της δομής των κανόνων If-THEN είναι η εξής. Στην δεύτερη γραμμή αποθηκεύεται ο δείκτης (index) από το τρέχον fact. Ακολουθούν οι συνθήκες ενεργοποίησης του κανόνα οι οποίες έχουν σχέση με τις τιμές ενός ή περισσότερων slots του fact. Μετά την ενεργοποίηση του κανόνα πρώτη ενέργεια είναι η εμφάνιση ενός ενημερωτικού μηνύματος και η διαγραφή του fact από την τρέχουσα βάση δεδομένων. Στην συνέχεια ακολουθεί η μετατροπή των τιμών σε συγκεκριμένα slots και τέλος η προσθήκη του ως νέο fact. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη για την εγκυρότητα και την συνέπεια της βάσης δεδομένων του έμπειρου συστήματος.

Η υλοποίηση των επιμέρους ενεργειών επεξεργασίας των δεδομένων και η χρήση των βοηθητικών slots για την εξασφάλιση της σωστής διαδοχής τους, ολοκληρώνει την πρώτη φάση λειτουργίας, δηλαδή την επεξεργασία και ταξινόμηση των

δεδομένων. Η επόμενη φάση, δηλαδή η κατάρτιση των αναλυτικών διαιτολογικών προδιαγραφών ανά συστατικό, γίνεται με παρόμοιο τρόπο, υλοποιώντας το απλούστερο μοντέλο διασύνδεσης και υπολογισμού των ποσοτικών πληροφοριών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού μαθήματος Έμπειρα Συστήματα στο Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, τη θερινή περίοδο 1998.

Το σύνολο των βιβλιογραφικών αναφορών αφορούν σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων και on-line υπηρεσίες σχετικές με το θέμα των διατροφικών αναγκών. Παρακάτω αναφέρονται οι σημαντικότερες από αυτές:

- [01] Daily Reference Values  
<http://www.mealformation.com/nutrequ.htm>
- [02] Nutrition Analysis Tool - Mainpage  
<http://www.ag.uiuc.edu/~food-lab/nat/mainnat.html>
- [03] The Healthy Eating Index  
Center for Nutrition Policy and Promotion, US Agriculture Dept.

*Ευχαριστίες:*

*Στους ανθρώπους που μας βοήθησαν στις ελάχιστες ώρες που είχαμε στη διάθεσή μας για την ολοκλήρωση της εργασίας.*