

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ IP 2000 ΚΑΙ MODELLUS

Μαστρογιάννης Αθανάσιος

Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης - Επιμορφωτής ΤΠΕ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού περιλαμβάνει την αξιολόγηση τόσο τεχνικών– με βάση τυποποιημένα κριτήρια – όσο και εκπαιδευτικών χαρακτηριστικών. Στη συγκεκριμένη παρουσίαση και με βάση την προσομοίωση του φαινομένου της επαγωγής σε κατακόρυφα κινούμενο ευθύγραμμο αγωγό, διερευνώνται εκείνα τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών λογισμικών *Modellus* και *Interactive Physics*, που τα κάνουν φιλικά προς τον εκπαιδευτικό και ενισχύουν το εκπαιδευτικό του έργο.

Διερευνάται η δυνατότητα κάλυψης συγκεκριμένων διδακτικών στόχων, με τη χρήση και των δύο λογισμικών τα οποία αξιολογούνται τόσο για την ποιότητα των προσομοιώσεων και την ακρίβεια των λύσεων που παρέχουν, όσο και για το βαθμό δυσκολίας της δημιουργίας των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων. Τα δύο λογισμικά με σχετικά εύκολο προγραμματισμό, έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας ενός αλληλεπιδραστικού περιβάλλοντος μάθησης, όπου οι πολλαπλές αναπαραστάσεις και η δυνατότητα εύκολης μεταβολής των παραμέτρων του προβλήματος, είναι το κυρίαρχο στοιχείο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού είναι σύνθετη υπόθεση και περιλαμβάνει την αξιολόγηση τόσο των τεχνικών όσο και των εκπαιδευτικών του χαρακτηριστικών. Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά αξιολογούνται με βάση το γενικό πλαίσιο των τυποποιημένων κριτηρίων ISO 9126-1, 2 και 3, τα οποία ελέγχουν έξι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του λογισμικού. Αυτές είναι: *λειτουργικότητα, αξιοπιστία, ευχρηστία, αποδοτικότητα, ικανότητα τροποποιήσεων και προσαρμοστικότητα σε διάφορα περιβάλλοντα software και hardware* (Stamelos et al, 2000).

Σε αντίθεση με την τυποποιημένη και γενικά αποδεκτή πρακτική αξιολόγησης των τεχνικών χαρακτηριστικών του εκπαιδευτικού λογισμικού, δεν υπάρχει ένα αντίστοιχο αποδεκτό μοντέλο αξιολόγησης των εκπαιδευτικών του χαρακτηριστικών. Αξίζει επίσης να καταγραφεί η άποψη ότι τα κριτήρια επιλογής εκπαιδευτικού λογισμικού για χρήση στην τάξη δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι τεχνικά αλλά παιδαγωγικά και μαθησιακά (Squires et al, 1994).

Είναι προφανές ότι η αύξηση του αριθμού και της ποικιλίας των τίτλων εκπαιδευτικού λογισμικού, σε συνδυασμό με τη δυσκολία αξιολόγησης, οδηγεί και σε αντίστοιχη αύξηση του βαθμού δυσκολίας επιλογής του κατάλληλου λογισμικού για



την κάλυψη συγκεκριμένων διδακτικών στόχων. Ο εκπαιδευτικός καλείται να γίνει ειδικός στην επιλογή του κατάλληλου - για την κάλυψη των διδακτικών του στόχων - λογισμικού, με τον ίδιο τρόπο που επιλέγει βιβλία, βιντεοταινίες και άλλο εκπαιδευτικό υλικό (*Squires et al, 1994*).

Ο εκπαιδευτικός, στο νέο περιβάλλον που οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) προσφέρουν, καλείται, με τη χρήση του κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού να δημιουργήσει εκείνες τις διδακτικές συνθήκες που είναι ικανές να κινητοποιήσουν τη δημιουργική και κριτική σκέψη των μαθητών. Στο συγκεκριμένο, νέο περιβάλλον διδασκαλίας, οι διδάσκοντες καλούνται να χειριστούν τόσο τις ΤΠΕ όσο και τη δυναμική των μαθητικών ομάδων που συγκροτούνται κατά τη διάρκεια μιας διδασκαλίας με χρήση των ΤΠΕ.

Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η προσομοίωση του φαινομένου της επαγωγής σε κατακόρυφα κινούμενο ευθύγραμμο αγωγό, και διερευνώνται εκείνα τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών λογισμικών *Modellus 2.05* και *Interactive Physics 2000*, που τα κάνουν φιλικά προς τον εκπαιδευτικό και ενισχύουν το εκπαιδευτικό του έργο.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ IP 2000 ΚΑΙ MODELLUS

Τα δύο λογισμικά χαρακτηρίζονται σαν λογισμικά διερευνητικού χαρακτήρα και καλύπτουν κατά κύριο λόγο την κλασική Νευτώνεια Μηχανική.

Συγκεκριμένα το λογισμικό *Modellus* ανήκει στην κατηγορία του ανοιχτού περιβάλλοντος-εργαλείου το οποίο είναι κατάλληλο για μοντελοποίηση, πειραματισμό και προσομοίωση. Ο προγραμματισμός του γίνεται με τη γραφή – στο κατάλληλο παράθυρο – του μαθηματικού μοντέλου, το οποίο αποτελείται από μία σειρά εξισώσεων, οι οποίες γράφονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που γράφονται στο σχολικό πίνακα.

Από παιδαγωγική σκοπιά το *Modellus* προσφέρει πολλές δυνατότητες διερευνητικής μάθησης. Με τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων (προσομοιώσεων, πινάκων τιμών, αρχικών συνθηκών, διανυσμάτων κ.α.), τον άμεσο χειρισμό των αντικειμένων, τη δυνατότητα σκηνοθεσίας του περιβάλλοντος και τις μοντελοποιήσεις οι μαθητές μπορούν να κατανοούν καινούριες έννοιες και διαδικασίες μέσα από την επίλυση προβλημάτων και τον πειραματισμό (*ITY, 2001*).

Το *Interactive Physics (IP)* χαρακτηρίζεται σαν εκπαιδευτικό λογισμικό διερευνητικού χαρακτήρα το οποίο προσφέρει ένα «ανοιχτό» περιβάλλον μάθησης και ένα ελκυστικότερο – σε σχέση με το «λιτό» *Modellus* – γραφικό περιβάλλον εργασίας. Η δημιουργία προσομοιώσεων και δραστηριοτήτων είναι σχετικά απλή υπόθεση, με τη χρήση των αντικειμένων και των μετρητών που υπάρχουν στο περιβάλλον εργασίας και την επιλογή του κατάλληλου μικρόκοσμου.

Στην περίπτωση όμως που πρέπει να προσομοιωθεί φαινόμενο που δεν καλύπτεται από τους κλασικούς μικρόκοσμους του λογισμικού (π.χ. κίνηση ηλεκτρονίου σε μαγνητικό και ηλεκτρικό πεδίο), τότε πρέπει να «κατασκευαστεί» ο μικρόκοσμος χρησιμοποιώντας τη δυνατότητα προγραμματισμού που παρέχει το λογισμικό. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που ο εκπαιδευτικός θέλει να μετρήσει παραμέτρους που δεν ανήκουν στην κατηγορία των τυποποιημένων μετρητών που το *Interactive Physics* προσφέρει.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για τη δημιουργία εφαρμογής που θα προσομοιώνει το φαινόμενο της επαγωγής σε κατακόρυφα κινούμενο ευθύγραμμο αγωγό, τίθενται οι παρακάτω στόχοι.

- Να προσομοιώνεται η ολίσθηση του αγωγού πάνω στις δύο ράβδους
- Να παρέχεται η δυνατότητα μεταβολής της τιμής της έντασης του μαγνητικού πεδίου και της αντίστασης του αγωγού με τη χρήση χειριστηρίων εισόδου,
- Να εμφανίζεται σύμβολο της φοράς της έντασης του μαγνητικού πεδίου και της φοράς του επαγωγικού ρεύματος
- Να καταγράφονται με διανύσματα, γραφήματα και αριθμητικές τιμές
 - Η δύναμη Laplace
 - Η ταχύτητα της ράβδου
 - Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος
 - Η ένταση του μαγνητικού πεδίου

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ MODELLUS

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο προγραμματισμός του Modellus βασίζεται στη σύνταξη του μαθηματικού μοντέλου και στην κατάλληλη σύνδεση των παραμέτρων και των μεταβλητών του μοντέλου με «αντικείμενα», όπως γεωμετρικά σχήματα, σφαίρες, διανύσματα, μετρητές και γραφήματα.

Ο πυρήνας του μαθηματικού μοντέλου είναι η εξίσωση της επιτάχυνσης του

αγωγού: $a = g - \frac{B^2 v l^2}{mR}$, όπου g : επιτάχυνση της βαρύτητας

B : ένταση του μαγνητικού πεδίου

m : μάζα του αγωγού

v : ταχύτητα του αγωγού

R : αντίσταση του κυκλώματος

Η εν λόγω εξίσωση συνδέεται – με τη βοήθεια παραγώγων - με τη μετατόπιση του αγωγού και το μαθηματικό μοντέλο παίρνει τη μορφή:

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{B^2 v l^2}{mR}$$

$$\frac{dy}{dt} = v$$

Στη συνέχεια το μαθηματικό μοντέλο πρέπει να εμπλουτιστεί με τις κατάλληλες εξισώσεις έτσι ώστε να είναι δυνατή η διανυσματική αναπαράσταση των δυνάμεων Laplace και βαρύτητας και η μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Σημειώνεται ότι και οι εν λόγω εξισώσεις γράφονται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο που γράφονται στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής.

Η «σκηνοθεσία» της πειραματικής διάταξης μπορεί να γίνει με απλό σχετικά τρόπο με τη χρήση διανυσμάτων, ή με τη χρήση ευθύγραμμων τμημάτων.

Η διανυσματική αναπαράσταση των δυνάμεων και της ταχύτητας καθώς επίσης και η γραφική αναπαράσταση των εν λόγω μεγεθών γίνεται με απλό τρόπο,

προσδιορίζοντας την οριζόντια και κατακόρυφη συνιστώσα των διανυσμάτων στο παράθυρο «Διάνυσμα» και τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα, στο παράθυρο «Γραφίδα».

Η δημιουργία των χειριστηρίων εισόδου της έντασης του μαγνητικού πεδίου και της αντίστασης του κυκλώματος, γίνεται με την απλή σύνδεση μεταβολών με τις παραπάνω παραμέτρους. Για να καταστεί όμως δυνατή η μεταβολή των τιμών των δύο παραμέτρων το μοντέλο πρέπει να «τρέχει» χωρίς να εξελίσσεται η προσομοίωση. Αυτό γίνεται εφικτό με την εισαγωγή στην αρχή του μαθηματικού μοντέλου της λογικής συνάρτησης παύσης $if(t==0)then(pause(t=0))$.

Η δημιουργία συμβόλων για την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και την ένταση του μαγνητικού πεδίου γίνεται με την εισαγωγή των αντίστοιχων εικόνων οι οποίες συνδέονται με παραμέτρους που υπακούουν σε λογικές συνθήκες που εμπλέκουν την ένταση του πεδίου. Για παράδειγμα τα δύο σύμβολα της έντασης του μαγνητικού πεδίου συνδέονται – στο μενού «εισαγωγή εικόνας» - με τις παραμέτρους x_in και x_out αντίστοιχα οι οποίες προσδιορίζονται στο μαθηματικό μοντέλο από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} x_in &= 0 \\ x_out &= 900 \\ if(B < 0) &then(x_in=900)and(x_out=0) \end{aligned}$$

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τα αρχεία εικόνας δεν «ενσωματώνονται» στην εφαρμογή και πρέπει, για τη σωστή εμφάνιση της, να τη συνοδεύουν πάντα, σαν ξεχωριστά αρχεία.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ INTERACTIVE PHYSICS

Η προσομοίωση με τη χρήση του IP βασίζεται στη διαμόρφωση του κατάλληλου μικρόκοσμου και συγκεκριμένα του κατάλληλου πεδίου δύναμης. Αρχικά δημιουργούνται οι δύο μεταβολείς – εισοδοί για την ένταση του μαγνητικού πεδίου και την αντίσταση του αγωγού, με «ονόματα», έστω $Input[13]$ και $Input[11]$ αντίστοιχα. Στη συνέχεια διαμορφώνεται το «πεδίο δύναμης Laplace», με τέτοιο τρόπο ώστε σε κάθε κινούμενο αντικείμενο να ασκείται πάνω του δύναμη Laplace σύμφωνα με τη

σχέση $F_L = -\frac{B^2 v l^2}{R}$, η οποία πληκτρολογείται στο πεδίο F_y στο παράθυρο «πεδίο

της δύναμης», με τη μορφή: $-(Input[13]^2)*self.v.y*self.width^2/Input[11]$, όπου $Input[13]$ είναι η είσοδος της έντασης του μαγνητικού πεδίου, $Input[11]$ είναι η είσοδος της τιμής της αντίστασης του αγωγού, $self.v.y$ και $self.width$ η ταχύτητα και το μήκος του αγωγού. Σημειώνεται επίσης ότι στο περιβάλλον εργασίας υπάρχει προεπιλεγμένο κατακόρυφο βαρυτικό πεδίο με $g = 9,807 \text{ m/sec}^2$.

Η «κατασκευή» της πειραματικής διάταξης γίνεται με τη χρήση δύο κατακόρυφων στοιχείων εγκοπής και ενός ορθογωνίου που «γεφυρώνει» τις δύο κατακόρυφες «ράβδους». Για την κατασκευή της ολισθαίνουσας ράβδου χρησιμοποιείται από τη γραμμή εργαλείων το ορθογώνιο σχήμα, το οποίο στη συνέχεια συνδέεται με τη χρήση των κατάλληλων συνδέσμων στα δύο στοιχεία εγκοπής.

Η διανυσματική αναπαράσταση των δυνάμεων και της ταχύτητας καθώς επίσης και η γραφική αναπαράσταση των εν λόγω μεγεθών γίνεται με εύκολο τρόπο από το κεντρικό μενού και τις επιλογές «Ορισμός» και «Μέτρηση» αντίστοιχα.

Δυσκολίες προκύπτουν όταν είναι απαραίτητη η μέτρηση παραμέτρων που δεν περιλαμβάνονται στο έτοιμο μενού των μετρητών, όπως στην περίπτωση της έντασης του επαγωγικού ρεύματος. Για να γίνει δυνατή η μέτρηση της έντασης πρέπει να τροποποιηθεί ένας μετρητής οποιασδήποτε παραμέτρου, έστω της επιτάχυνσης. Ανοίγεται το μενού των ιδιοτήτων του εν λόγω μετρητή, διαγράφονται όλα τα πεδία y και στη συνέχεια σε ένα από αυτά πληκτρολογείται η σχέση $I = \frac{Bvl}{R}$ με τη μορφή

`Input[13]*Body[5].v.y*Body[5].width/Input[11].`

Η εισαγωγή των συμβόλων της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος και της έντασης του μαγνητικού πεδίου γίνεται με την επικόλληση των αντίστοιχων εικόνων οι οποίες αποκρύπτονται ή εμφανίζονται, ανάλογα με τις συνθήκες που εισάγονται στο παράθυρο «Εμφάνιση». Συγκεκριμένα για να εμφανίζεται η εικόνα του βέλους που θα υποδηλώνει την προς τα αριστερά φορά του ηλεκτρικού ρεύματος εισάγεται στο πεδίο «Υπάρχει όταν:», η σχέση: `and(Input[13]>0, Body[5].v.y<0)`, η οποία δηλώνει ότι το βέλος εμφανίζεται όταν η τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι θετική και ταυτόχρονα ο αγωγός κινείται.

Τέλος σημειώνεται ότι οι εικόνες «ενσωματώνονται» στην εφαρμογή και δεν υπάρχει ανάγκη ξεχωριστής αποθήκευσής τους.

ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

Η αναλυτική επίλυση της εξίσωσης $\frac{dv}{dt} = g - \frac{B^2vl^2}{mR}$, καθιστά δυνατή την αξιολόγηση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την αριθμητική επίλυση της παραπάνω εξίσωσης και στα δύο λογισμικά.

Το Modellus, για την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων, χρησιμοποιεί την αριθμητική μέθοδο Runge-Kutta 4ης τάξης, με προκαθορισμένο χρονικό βήμα $\Delta t=0,1$ (*Εγχειρίδιο Ελληνικής έκδοσης Modellus, 2000*). Η συγκεκριμένη μέθοδος θεωρείται ιδιαίτερα ακριβής και στη συγκεκριμένη περίπτωση τα αποτελέσματα που έδωσε ήταν ικανοποιητικά.

Το Interactive Physics παρέχει τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε δύο αριθμητικές μεθόδους επίλυσης, τη μέθοδο Euler, για γρήγορη και μειωμένης ακρίβειας προσομοίωση και την Runge-Kutta 5ης τάξης (αλλιώς Kutta-Merson) για αυξημένη ακρίβεια (*Εγχειρίδιο χρήση Ελληνικής έκδοσης IP, 2000*).

Η ακρίβεια επίλυσης ποσοτικοποιείται με τη χρήση του μέσου επί τοις εκατό σφάλματος (*Chapra et al, 1990*):

$$\sigma = \frac{1}{N} \sum_i^N \left| \frac{x_i^* - x_i}{x_i} \right| 100, \text{ όπου } N: \text{ πλήθος τιμών}$$

x_i : αναλυτική επίλυση

x_i^* : αριθμητική επίλυση

Για ίδιες πειραματικές συνθήκες προσομοίωσης, $g=9,807 \text{ m/sec}^2$, $B = 1\text{T}$, $l = 3,2 \text{ m}$, $m = 3 \text{ Kg}$ και $R = 0,5 \ \Omega$, συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα δύο λογισμικά με αυτά που προέκυψαν από την αναλυτική επίλυση του προβλήματος.

Για χρονικό βήμα υπολογισμού $\Delta t = 0,1$ το μέσο σφάλμα ανέρχεται σε $0,005 \%$ και $0,024 \%$ για το IP και το Modellus αντίστοιχα. Η περαιτέρω μείωση του χρονικού βήματος υπολογισμού σε $\Delta t = 0,01$ μηδένισε το σφάλμα στο Modellus ενώ στο IP το άφησε ανεπηρέαστο. Τονίζεται βέβαια ότι τέτοιου μεγέθους σφάλματα θεωρούνται πρακτικά ανύπαρκτα.

Οι λύσεις που προέρχονται από αριθμητικές μεθόδους παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα ακρίβειας όταν πρέπει να προσομοιωθεί χρονικά εξαρτώμενο (transient) φυσικό σύστημα που μεταβάλλεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Για να ελεγχθεί η αξιοπιστία των προσομοιώσεων με χρονικό βήμα υπολογισμού $\Delta t = 0,1$, επιλέγεται σαν τιμή αντίστασης του κυκλώματος $R = 0,05 \ \Omega$. Παρατηρείται ότι τόσο το Modellus όσο και το IP συμπεριφέρονται απρόβλεπτα και οι προσομοιώσεις που προκύπτουν δεν έχουν καμία σχέση με την πραγματικότητα. Το πρόβλημα παύει να υφίσταται και το σφάλμα σχεδόν μηδενίζεται (περίπου $0,002 \%$) και για τις δύο εφαρμογές όταν το χρονικό βήμα υπολογισμού υποδεκαπλασιαστεί. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι το IP, παρέχει δύο τρόπους καθορισμού του χρονικού βήματος υπολογισμού. Στην πρώτη περίπτωση το χρονικό βήμα είναι σταθερό ενώ στη δεύτερη περίπτωση είναι μεταβλητό και προσαρμόζεται αυτόματα καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Με αυτή την επιλογή και για τα παραπάνω δεδομένα το IP παρείχε σχετικά αξιόπιστη προσομοίωση με σφάλμα $3,52 \%$.

Με βάση τα παραπάνω και με δεδομένη τη δυνατότητα παρέμβασης στο χρονικό βήμα υπολογισμού που παρέχουν και τα δύο λογισμικά, προκύπτει ότι τα αποτελέσματα είναι εξαιρετικά ακριβή.

Πρόβλημα όμως φαίνεται να δημιουργείται στην προσομοίωση της κίνησης της ράβδου στο Modellus. Συγκεκριμένα, όταν το βήμα υπολογισμού γίνεται $\Delta t = 0,01$, τότε το φαινόμενο εξελίσσεται πάρα πολύ αργά και σε καμία περίπτωση η προσομοίωση δεν χαρακτηρίζεται σαν ρεαλιστική. Αντίθετα, στο IP δεν παρατηρούνται τέτοιου είδους προβλήματα λόγω της δυνατότητας που έχει να χρησιμοποιεί διαφορετικά βήματα υπολογισμού και προσομοίωσης. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το βήμα υπολογισμού μπορεί να είναι πολύ μικρό, για μεγάλη ακρίβεια, αλλά το βήμα προσομοίωσης να είναι μεγαλύτερο και η χρονοβόρα διαδικασία παραγωγής πλαισίων κίνησης να γίνεται π.χ. κάθε 10 ή και περισσότερα χρονικά βήματα υπολογισμών.

Η συγκεκριμένη δυνατότητα δεν υπάρχει στο Modellus, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα πλαίσιο κίνησης σε κάθε βήμα υπολογισμού, κάτι που έχει άμεση επίπτωση στη ρεαλιστική απεικόνιση της προσομοίωσης, όταν το χρονικό βήμα υπολογισμού είναι πολύ μικρό και η διάρκεια εξέλιξης του φαινομένου είναι σχετικά μεγάλη.

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ

Η αξιολόγηση των δύο λογισμικών γίνεται αυστηρά μέσα στο πλαίσιο που η συγκεκριμένη δραστηριότητα οριοθετεί και κάτω από το πρίσμα των απαιτήσεων, που οι διδακτικοί στόχοι της συγκεκριμένης θεματικής ενότητας, θέτουν στον

εκπαιδευτικό. Επιπλέον η αξιολόγηση βασίζεται σε ποιοτικά ισοβαρή κριτήρια και θεωρεί ότι χρήστης των λογισμικών είναι ο μέσος εκπαιδευτικός ο οποίος χαρακτηρίζεται από σχετικά περιορισμένες γνώσεις, όσον αφορά τη χρήση εργαλείων ΤΠΕ. Στον Πίνακα που ακολουθεί συνοψίζεται η αξιολόγηση όλων των κριτηρίων, ενώ στις παραγράφους που ακολουθούν τεκμηριώνεται ο αξιολογικός χαρακτηρισμός κάθε κριτηρίου.

Παράμετροι αξιολόγησης	Modellus	IP
Σύνταξη μαθηματικού μοντέλου	Εύκολη	Δύσκολη
Προσομοίωση φαινομένου		
«Σκηνοθεσία» οθόνης	Εύκολη	Εύκολη
Ρεαλιστική απόδοση κίνησης	Μέτρια	Πολύ καλή
Αξιοπιστία λύσεων	Πολύ καλή	Πολύ καλή
Εισαγωγή «δυναμικών» συμβόλων	Μέτριας δυσκολίας	Εύκολη
Δημιουργία μονάδων εισόδου	Εύκολη	Εύκολη
Δημιουργία μετρητών - γραφημάτων	Εύκολη	Μέτριας δυσκολίας
Διανυσματική απεικόνιση μεγεθών	Εύκολη	Εύκολη

Πίνακας 1: Παράμετροι ποιοτικής συγκριτικής αξιολόγησης

Ο προγραμματισμός του Modellus με τη γραφή αναγνωρίσιμων μαθηματικών σχέσεων και η άμεση συσχέτιση μαθηματικού μοντέλου και προσομοιούμενου φυσικού συστήματος είναι το μεγάλο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου λογισμικού. Η συγκεκριμένη ιδιότητα και η ευκολία με την οποία δημιουργούνται διανυσματικές, αριθμητικές και γραφικές αναπαραστάσεις το κάνει ιδιαίτερα φιλικό ακόμη και στους αρχάριους χρήστες.

Το IP, με το ενσωματωμένο σύστημα προγραμματισμού (scripting) είναι λιγότερο φιλικό στην περίπτωση που κάποιος θέλει να δημιουργήσει προσομοιώσεις που ξεφεύγουν από τους έτοιμους μικρόκοσμους του, - όπως η συγκεκριμένη - με αποτέλεσμα να αποθαρρύνονται οι μη έμπειροι χρήστες. Επίσης προγραμματισμός απαιτείται στην περίπτωση που ο χρήστης θέλει να αναπαραστήσει γραφικά ένα μη «τυποποιημένο» από το IP μέγεθος, όπως π.χ. στη συγκεκριμένη περίπτωση, την ένταση του επαγωγικού ρεύματος.

Συγκριτικό μειονέκτημα του Modellus αποτελεί η «φτωχή» σχετικά προσομοίωση του φαινομένου - λόγω ταύτισης χρονικού βήματος υπολογισμού και βήματος κινούμενου πλαισίου - και η δραματική αύξηση του χρόνου προσομοίωσης στην περίπτωση που το χρονικό βήμα γίνει πολύ μικρό και δεν υπάρχει δυνατότητα παρέμβασης στην κλίμακα του άξονα που γίνεται η κίνηση.

Αντίθετα το IP παρέχει τη δυνατότητα χρήσης πολύ μικρού βήματος υπολογισμού - για πολύ μεγάλη ακρίβεια - και ταυτόχρονα με τη μεταβολή του βήματος κινούμενου πλαισίου η προσομοίωση διατηρεί την πιστότητά της.

Η ενσωμάτωση δυναμικών εικόνων (σύμβολα έντασης μαγνητικού πεδίου και επαγωγικού ρεύματος) και η εμφάνιση του κατάλληλου, ανάλογα με τις τιμές των παραμέτρων του προβλήματος, απαιτεί προγραμματισμό τόσο στο Modellus όσο και

στο IP. Μειονέκτημα για το Modellus χαρακτηρίζεται η αδυναμία ενσωμάτωσης των εικόνων στο αρχείο της εφαρμογής.

Η δημιουργία μονάδων εισόδου και διανυσματικής αναπαράστασης μεγεθών είναι εύκολη υπόθεση και για τα δύο λογισμικά.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα εκπαιδευτικά λογισμικά Modellus και Interactive Physics είναι δύο λογισμικά διερευνητικού χαρακτήρα και καλύπτουν κατά κύριο λόγο την κλασική Νευτώνεια Μηχανική. Η δυνατότητα προγραμματισμού που παρέχουν τα καθιστούν ιδιαίτερα εύελικτα και προσαρμόσιμα σε δραστηριότητες που δεν ανήκουν αμιγώς στη γνωστική περιοχή για την οποία έχουν σχεδιαστεί.

Η δυνατότητα εύκολης χρήσης μονάδων εισόδου και δημιουργίας πολλαπλών αναπαραστάσεων τα καθιστούν ιδιαίτερα αλληλεπιδραστικά και δυναμικά εργαλεία μάθησης, λόγω της δυνατότητας που παρέχουν στο μαθητή να μεταβάλλει ορισμένες από τις παραμέτρους που εμπλέκονται στο πρόβλημα και να παρατηρεί άμεσα τις επιπτώσεις που έχουν οι μεταβολές αυτές στην προσομοίωση.

Σημειώνεται ότι η δυνατότητα ανάδρασης από τον χρήστη να παρέχουν προσομοιώσεις που σχεδιάζονται με τα εν λόγω λογισμικά, χαρακτηρίζεται σαν το μεγαλύτερο διδακτικό πλεονέκτημα που μπορεί να παρέχει μία προσομοίωση σε H/Y, γιατί δίνει στο μαθητή την ευκαιρία του αναστοχασμού (Yun Fan, 2003)

Το Modellus υπερτερεί έναντι του IP στον τρόπο που προγραμματίζεται. Αντίθετα το IP παρέχει ένα σαφώς ελκυστικότερο γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας, ενώ ο διαχωρισμός υπολογιστικού μοντέλου και προσομοίωσης δίνει τη δυνατότητα ρεαλιστικών προσομοιώσεων σε συνδυασμό με εξαιρετική ακρίβεια ακόμη και σε «δύσκολες» συνθήκες προσομοίωσης.

Η συγκριτική αξιολόγηση των δύο λογισμικών μέσα στο πλαίσιο που η συγκεκριμένη δραστηριότητα οριοθετεί ανέδειξε τη σχετική ευκολία με την οποία μπορεί να κατασκευαστούν μη τυποποιημένες προσομοιώσεις και να δημιουργηθεί περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων, με τη χρήση και των δύο λογισμικών. Σε γενικές γραμμές και τα δύο λογισμικά φαίνεται να έχουν σημαντική ικανότητα προσαρμογής στις ιδιαίτερες ανάγκες της συγκεκριμένης εκπαιδευτικής δραστηριότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Chapra, S. and R. Canale (1990), *Numerical Methods for Engineers*, McGraw Hill
2. ITY (2001), *Εκπαιδευτικό Λογισμικό: Οδηγός για τους επιμορφωτές*, ITY
3. Squires, D. and A. McDougall (1994) *Choosing and Using Educational Software: A Teacher's Guide*, The Falmer Press
4. Stamelos, I., I. Refanidis, P. Katsaros, A. Tsoukias, A. Pombortsis and I. Vlahavas, An Adaptable Framework for Educational Software Evaluation, in Eds: S. Zanakis, G. Doukidis, I. Anagnostopoulos, *Recent Developments and Applications in Decision Making*, Kluwer Academic Publishers, Nov. 2000
<http://delab.csd.auth.gr/~katsaros/EdSoftwareEvaluation.ps>
5. Yun Fan (2003), *Educational Software Evaluation*
<http://137.99.89.70:8015/portfolio/yun/software%20critique.pdf>