

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής Πανεπιστημίου Πατρών  
**CEID\_NE509: Αλγοριθμική Θεωρία Παιγνίων**  
Ακαδημαϊκό Έτος 2024-25  
Διδάσκων: Σπύρος Κοντογιάννης

## 1ο Σετ Ασκήσεων: Συνδυαστικά Παιχνίδια

Ανακοίνωση: Τετρ, 19 Μαρτίου 2025

Παράδοση: Δευτέρα, 14 Απριλίου 2025

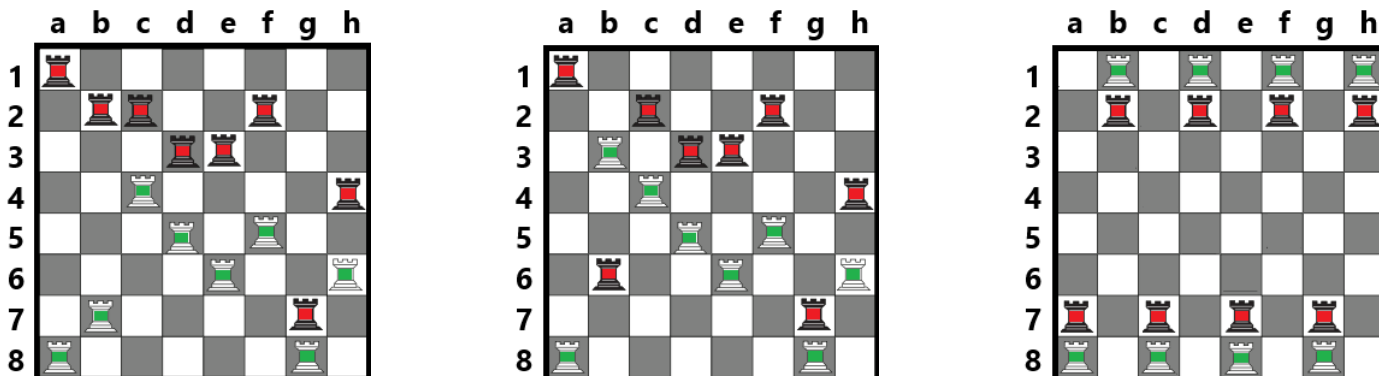
Τελευταία Ενημέρωση: Τετάρτη, 19 Μαρτίου 2025

### 1. Σύνοψη Εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εξοικείωση με τα συνδυαστικά παιχνίδια και, συγκεκριμένα, με τον προσδιορισμό μιας παρτίδας αν είναι νίκης (ΠΝ) ή ήττας (ΠΗ) και, σε περίπτωση που είναι ΠΝ, τον καθορισμό της βέλτιστης επόμενης κίνησης για τον τρέχοντα παίκτη. Θα μελετηθούν τα συνδυαστικά παιχνίδια που περιγράφονται στις ακόλουθες υποενότητες.

#### [Π1] Πύργοι στη Σκακιέρα

##### Περιγραφή (αρχικής, ενδιάμεσης, ή τελικής) Θέσης Παρτίδας



Εικόνα 1: Παραδείγματα παρτίδων για το συνδυαστικό παιχνίδι Π1.

Μια παρτίδα του παιχνιδιού Π1 αποτυπώνεται ως μια σκακιέρα όπου έχουν τοποθετηθεί 8 κόκκινοι πύργοι και 8 πράσινοι πύργοι, έτσι ώστε κάθε στήλη να έχει ακριβώς έναν κόκκινο και έναν πράσινο πύργο. Παραδείγματα τέτοιων παρτίδων φαίνονται στην Εικόνα 1.

##### Επιτρεπτές Κινήσεις Παικτών

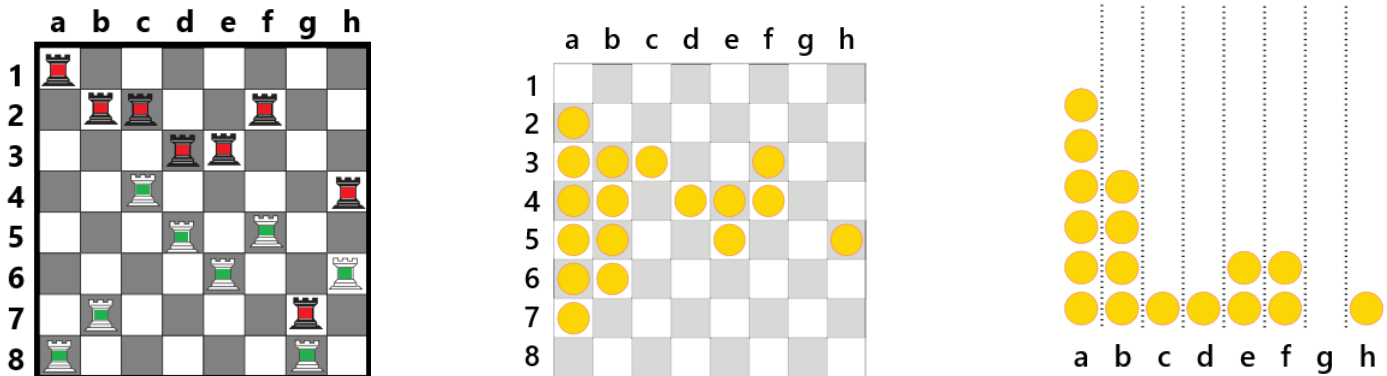
Υπάρχουν δύο παίκτες, ο **ΠΡΑΣΙΝΟΣ** παίκτης (αυτός ξεκινά πρώτος) και η **ΚΟΚΚΙΝΗ** παίκτρια (παίζει δεύτερη), οι οποίοι εναλλάσσουν κινήσεις. Μία κίνηση του **ΠΡΑΣΙΝΟΥ** είναι να διαλέξει κάποιον **πράσινο πύργο** και να τον κινήσει σε μια καινούργια θέση εντός της στήλης του, δηλαδή, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω (όχι όμως δεξιά ή αριστερά), χωρίς όμως να βρεθεί στην ίδια θέση με κάποιον κόκκινο πύργο, και χωρίς να υπερσκελίζει κάποιον κόκκινο πύργο. Για παράδειγμα, επιτρέπονται για τον **ΠΡΑΣΙΝΟ**, στην παρτίδα της προηγούμενης εικόνας, κινήσεις όπως οι εξής:  $(a,8) \rightarrow (a,2)$ , ή  $(a,8) \rightarrow (a,3)$ , ή  $(a,8) \rightarrow (a,4)$ , ή  $(a,8) \rightarrow (a,5)$ , ή  $(a,8) \rightarrow (a,6)$ , ή  $(a,8) \rightarrow (a,7)$ , ή  $(d,5) \rightarrow (d,4)$ , ή  $(d,5) \rightarrow (d,6)$ , ή  $(d,5) \rightarrow (d,7)$ , ή  $(d,5) \rightarrow (d,8)$ . Απαγορεύεται όμως, για παράδειγμα, η κίνηση  $(a,8) \rightarrow (a,1)$ , καθώς και η κίνηση  $(d,5) \rightarrow (d,2)$ , ή η κίνηση  $(d,5) \rightarrow (d,1)$ . Αντίστοιχες είναι οι επιτρεπτές κινήσεις και για την **ΚΟΚΚΙΝΗ**, όμως για τους **κόκκινους πύργους** αυτή τη φορά.

##### Συνθήκη Τερματισμού

Η παρτίδα τερματίζει εφόσον ο/η παίκτης/τρια που καλείται να κινηθεί δεν έχει στη διάθεσή της καμία επιτρεπτή κίνηση.

## Διευκρινίσεις και Τροφή για Σκέψη

Το συνδυαστικό παιχνίδι Π1, προφανώς, δεν είναι αμερόληπτο (όπως περιγράφεται) καθώς οι αντίπαλοι κινούν μόνο τα δικά τους (κόκκινα ή πράσινα) πόνια. Σκεφτείτε, όμως, έναν τρόπο να αντιστοιχίσετε το συγκεκριμένο παιχνίδι με κάποιο ισοδύναμο συνδυαστικό παιχνίδι, που όμως είναι αμερόληπτο (περιγράφεται ως παιχνίδι με στοίβες NIM). Για παράδειγμα:



Εικόνα 2: Παράδειγμα μετασχηματισμού μιας παρτίδας του Π1 σε ισοδύναμο αμερόληπτο συνδυαστικό παιχνίδι.

## Ζητούμενα για Π1

### [Z1.0]

Εξηγήστε πώς ακριβώς γίνεται η αντιστοιχία του παιχνιδιού Π1 σε ένα αμερόληπτο συνδυαστικό παιχνίδι. Συγκεκριμένα, περιγράψτε επακριβώς ποιο είναι το ισοδύναμο ΑΣΠ, με βάση και την υπόδειξη που δίνεται στην Εικόνα 2. Επίσης, περιγράψτε με ποιον ακριβώς τρόπο μπορούμε να αποφασίσουμε για μια παρτίδα αν είναι **ΠΝ** ή **ΠΗ**. Τέλος, για κάθε παρτίδα που είναι **ΠΝ**, περιγράψτε τον τρόπο προσδιορισμού μιας βέλτιστης επόμενης κίνησης (και αποδείξτε ότι πρόκειται για τέτοια) για τον/την τρέχοντα/ουσα παίκτη/τρια, δηλαδή, που να εξασφαλίζει ότι (τελικά, όποιες κι αν είναι οι κινήσεις της/του αντιπάλου) να μπορεί να εξασφαλιστεί η νίκη του/της.

### [Z1.1]

Ζητήστε από τον άνθρωπο να καθορίσει αν θα είναι **ΠΡΑΣΙΝΟΣ** (άρα, θα κάνει πρώτη κίνηση) ή **ΚΟΚΚΙΝΟΣ** (άρα, ξεκινά ο υπολογιστής). Επιτρέψτε στον άνθρωπο να σας να ορίζει μια συγκεκριμένη αρχική παρτίδα, ή να ζητά τη δημιουργία μιας τυχαίας αρχικής παρτίδας (που θα υλοποιεί το δικό σας πρόγραμμα). Η αρχική θέση θα δίνεται ως ακολουθία από αλφαριθμητικά που χωρίζονται με κόμματα, όπου κάθε αλφαριθμητικό θα πρέπει να προσδιορίζει μια θέση πύργου, χωριστά για κάθε χρώμα.

Για παράδειγμα, για τους πύργους του ΠΡΑΣΙΝΟΥ θα μπορούσε να δοθεί η εξής είσοδος από τον χρήστη:

a8,b7,c4,d5,e6,f5,g8,h6

Αντίστοιχα, για τους πύργους του ΚΟΚΚΙΝΟΥ θα μπορούσε να δοθεί η εξής είσοδος:

a1,b2,c2,d3,e3,f2,g7,h4

Θα πρέπει να ελέγχετε αν πρόκειται για μη-επιτρεπτή θέση, οπότε ζητάτε εκ νέου από τον χρήστη να ορίσει την αρχική θέση της παρτίδας. Να αναπαραστήσετε κάθε θέση της παρτίδας με κάποια δομή δεδομένων της επιλογής σας. Πχ, η αναπαράσταση θα μπορούσε να γίνει μέσω ενός λεξικού λεξικών ως εξής:

```
board_dict = { 'GREEN': { 'a':8, 'b':7, 'c':4, 'd':5, 'e':6, 'f':5, 'g':8, 'h':6 }, 'RED': { 'a':1, 'b':2, 'c':2, 'd':3, 'e':3, 'f':2, 'g':7, 'h':4 } }
```

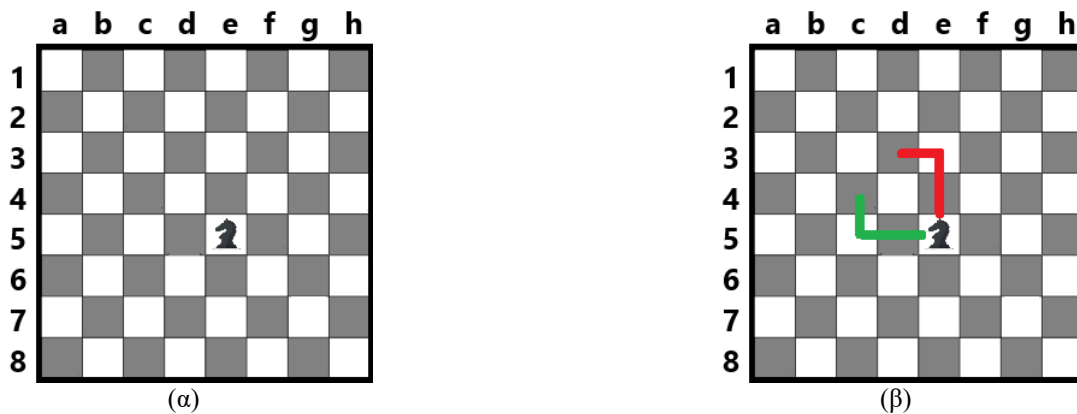
Εφόσον πρόκειται για επιτρεπτή παρτίδα, αποτυπώστε την στην οθόνη με τη μορφή ενός 8X8 μητρώου όπου κάθε κελί είτε είναι κενό, είτε εμφανίζει ένα (πράσινο) **Π**, ή εμφανίζει ένα (κόκκινο) **Κ**, ανάλογα με τις θέσεις των πύργων στη συγκεκριμένη παρτίδα. Φροντίστε ώστε οι γραμμές και στήλες του πίνακα (στην εκτύπωση της παρτίδας στην οθόνη) να αριθμούνται ακριβώς όπως η σκακιέρα στα παραδείγματα.

**[Z1.2]**

Αν είναι η σειρά του ανθρώπου να παίξει, εξετάστε πρώτα αν υπάρχει γι' αυτόν κάποια επιτρεπτή κίνηση. Αν δεν υπάρχει καμιά επιτρεπτή κίνηση, τότε ανακοινώστε τη λήξη του παιχνιδιού με νίκη του υπολογιστή. Διαφορετικά, δώστε στον άνθρωπο τη δυνατότητα να ορίσει τη δική του επόμενη κίνηση. Εφόσον πρόκειται για επιτρεπτή κίνηση, μεταβείτε από την τρέχουσα θέση (που είναι ήδη τυπωμένη στην οθόνη) στην επόμενη θέση της παρτίδας, τυπώνοντας την επόμενη παρτίδα. Αν επιλέχθηκε μη επιτρεπτή κίνηση, τότε τυπώστε σχετικό μήνυμα και ζητήστε εκ νέου τον προσδιορισμό επόμενης κίνησης.

**[Z1.3]**

Αν είναι η σειρά του υπολογιστή να παίξει, το πρόγραμμά σας θα αντιλαμβάνεται (σύμφωνα με όσα έχετε πει στο θεωρητικό μέρος της άσκησης) αν πρόκειται για ΠΝ, και σε μια τέτοια περίπτωση απλά θα εκτελεί μια βέλτιστη κίνηση για τον υπολογιστή, ώστε τελικά να εξασφαλιστεί η νίκη του. Διαφορετικά, εφόσον πρόκειται για ΠΗ (για τον υπολογιστή που είναι σειρά του να παίξει), είτε επιλέξτε μια τυχαία επιτρεπτή κίνηση, ή (αν δεν υπάρχει καμιά επιτρεπτή κίνηση, πλέον) ανακοινώστε τη λήξη του παιχνιδιού με νίκη του ανθρώπου.

**[Π2] Δούρειος Ίππος**

Εικόνα 3: Παράδειγμα παρτίδας του παιχνιδιού Π2. (α) Αρχική (ή, τρέχουσα) θέση ίππου. (β) Επιτρεπτές κινήσεις ίππου από τη θέση e5 είναι μόνο οι d3 και c4.

**Περιγραφή (αρχικής ή ενδιαμέσης) Παρτίδας**

Σε μια 8X8 σκακιέρα τοποθετείται ένας και μοναδικός ίππος. Άρα, η (αρχική, τρέχουσα, ή τελική) θέση μιας παρτίδας περιγράφεται από τη θέση του ίππου αυτού, καθώς και από τον παίκτη που πρέπει να κάνει (αν γίνεται) την επόμενη κίνηση.

**Επιτρεπτές Κινήσεις Παικτών**

Ξεκινώντας από τη θέση εκκίνησης της παρτίδας, οι παίκτες κάνουν εναλλάξ από μία κίνηση του ίππου. Θεωρήστε ότι ο **ΠΡΑΣΙΝΟΣ** κάνει την πρώτη κίνηση. Ο ίππος επιτρέπεται να κινηθεί μόνο με κάποια από τις γνωστές κινήσεις του, αρκεί όμως να οδηγείται σε θέση που είναι σε μικρότερη γραμμή και στήλη από την αρχική του θέση. Πχ, αν ο ίππος βρίσκεται στη θέση e5, τότε είναι επιτρεπτές μόνο οι κινήσεις του είτε στο d3 ή στο c4. Δεν επιτρέπονται όμως οποιαδήποτε άλλη κίνηση του ίππου από τη συγκεκριμένη θέση.

**Συνθήκη Τερματισμού**

Ο πρώτος παίκτης που δεν θα έχει στη διάθεσή του κάποια επιτρεπτή κίνηση, χάνει την παρτίδα.

**Ζητούμενα για Π2****[Z2.0]**

Να εξηγήσετε αναλυτικά το σκεπτικό βάσει του οποίου θα είστε σε θέση να αποφασίσετε, για οποιαδήποτε θέση (εκκίνησης, ή τρέχουσα) της παρτίδας, εάν ορίζει παρτίδα νίκης (ΠΝ) ή παρτίδα ήττας (ΠΗ). Σε περίπτωση ΠΝ, να εξηγήσετε επίσης τον τρόπο που θα προσδιορίσετε, για τον παίκτη που είναι η σειρά του να παίξει, μια βέλτιστη κίνηση προκειμένου να εξασφαλίσει (τελικά) τη νίκη του.

**[Z2.1]**

Ζητήστε από τον άνθρωπο να καθορίσει αν θα είναι **ΠΡΑΣΙΝΟΣ** (άρα, θα κάνει πρώτη κίνηση) ή **ΚΟΚΚΙΝΟΣ** (άρα, ξεκινά ο υπολογιστής). Επιτρέψτε στον άνθρωπο να σας να ορίζει μια συγκεκριμένη αρχική θέση της παρτίδας, ή να ζητά τη δημιουργία μιας τυχαίας αρχικής παρτίδας (που θα υλοποιεί το δικό σας πρόγραμμα επιλέγοντας τυχαία γραμμή και στήλη της σκακιάρας).

Αποτυπώστε την στην οθόνη με τη μορφή ενός 8X8 μητρώου όπου κάθε κελί είναι κενό, εκτός αυτού που περιέχει τον ίππο το οποίο εμφανίζει ένα (πράσινο) **H** αν είναι σειρά του ΠΡΑΣΙΝΟΥ να κάνει κίνηση, ή ένα (κόκκινο) **H** αν πρόκειται να κάνει κίνηση ο **ΚΟΚΚΙΝΟΣ**. Φροντίστε ώστε οι γραμμές και στήλες του πίνακα (στην εκτύπωση της παρτίδας στην οθόνη) να αριθμούνται ακριβώς όπως η σκακιάρα στα παραδείγματα.

**[Z2.2]**

Αν είναι η σειρά του ανθρώπου να παίξει, εξετάστε πρώτα αν υπάρχει γι' αυτόν κάποια επιτρεπτή κίνηση. Αν δεν υπάρχει καμιά επιτρεπτή κίνηση, τότε ανακοινώστε τη λήξη του παιχνιδιού με νίκη του υπολογιστή. Διαφορετικά, δώστε στον άνθρωπο τη δυνατότητα να ορίσει τη δική του επόμενη κίνηση, προσδιορίζοντας τη νέα θέση του ίππου (πχ, πληκτρολογώντας d,3 ζητά να κινηθεί ο ίππος στη θέση d3 της σκακιάρας). Εφόσον πρόκειται για επιτρεπτή κίνηση, μεταβείτε από την τρέχουσα θέση (που είναι ήδη τυπωμένη στην οθόνη) στην επόμενη θέση της παρτίδας, τυπώνοντάς την στην οθόνη. Αν επιλέχθηκε μη επιτρεπτή κίνηση, τότε τυπώστε σχετικό μήνυμα και ζητήστε εκ νέου από τον άνθρωπο τον προσδιορισμό της κίνησης (υποδεικνύοντάς του τις επιτρεπτές κινήσεις που έχει στη διάθεσή του).

**[Z2.3]**

Αν είναι η σειρά του υπολογιστή να παίξει, το πρόγραμμά σας θα αντιλαμβάνεται (σύμφωνα με όσα έχετε πει στο θεωρητικό μέρος της άσκησης) αν η τρέχουσα θέση ορίζει μια **ΠΝ**, και σε μια τέτοια περίπτωση απλά θα εκτελεί μια βέλτιστη κίνηση για λογαριασμό του υπολογιστή, ώστε τελικά να εξασφαλιστεί (εν τέλει) η νίκη του. Διαφορετικά, εφόσον πρόκειται για ΠΗ (για τον υπολογιστή που είναι σειρά του να παίξει), είτε επιλέξετε μια τυχαία επιτρεπτή κίνηση, ή (αν δεν υπάρχει καμιά επιτρεπτή κίνηση, πλέον) ανακοινώστε τη λήξη του παιχνιδιού με νίκη του ανθρώπου.

## 2. Παραδοτέα Εργασίας

### (2.1) Γραπτή Αναφορά Εργασίας

Θα πρέπει να μελετήσετε προσεκτικά τα παιχνίδια Π1 και Π2, και να είστε σε θέση να κατανοήσετε, για την αρχική ή οποιαδήποτε τρέχουσα θέση μιας παρτίδας τους, πότε είναι εφικτό να νικήσετε και πότε όχι. Θα πρέπει επίσης να προτείνετε συγκεκριμένο σκεπτικό (το οποίο αργότερα και θα υλοποιήσετε) για την επιλογή βέλτιστης επόμενης κίνησης για τον τρέχοντα παίκτη (εφόσον είναι ο υπολογιστής), και να εξηγήσετε λεπτομερώς γιατί όντως πρόκειται για βέλτιστη κίνηση (δηλαδή, πώς εξασφαλίζει ότι, όπως κι αν συνεχίσει ο αντίπαλος, θα υπάρχει τρόπος ο συγκεκριμένος παίκτης εν τέλει να νικήσει).

Η γραπτή αναφορά που θα ετοιμάσετε θα πρέπει να είναι σε μορφή DOCX ή PDF, και να περιλαμβάνει τα εξής:

- Απαντήσεις για το θεωρητικό μέρος (δηλαδή, για τα ζητούμενα Z1.0 και Z2.0 της εργασίας) όσο πιο εμπεριστατωμένα και τεκμηριωμένα μπορείτε.
- Αναλυτική περιγραφή για όλες τις μεθόδους και δομές που υλοποιήσατε ή χρησιμοποιήσατε για το προγραμματιστικό μέρος της εργασίας (σαν ένα εγχειρίδιο ανάπτυξης για το πρόγραμμά σας), δίνοντας τη σύνταξη, την είσοδο, την έξοδο τις σχεδιαστικές αποφάσεις σας και το σκεπτικό (με τη μορφή ψευδοκώδικα) της υλοποίησής σας, αλλά όχι τον ίδιο τον κώδικα Python που δημιουργήσατε (ο κώδικας παραδίδεται ούτως ή άλλως, δεν χρειάζεται στην αναφορά).
- Ένα υποτυπώδες εγχειρίδιο χρήσης (user manual) της υλοποίησής σας.

## (2.2) Υλοποίηση

Να υλοποιήσετε όλες τις απαραίτητες ρουτίνες (σε **Python 3.13**, ή μεταγενέστερη) για την εκτέλεση μιας παρτίδας του Π1 ή του Π2, ανάμεσα στον άνθρωπο και στον υπολογιστή, φροντίζοντας κάθε φορά να γίνονται μόνο επιτρεπτές (και για τους δύο) κινήσεις, μέχρι τελικά να φτάσει η παρτίδα σε κάποια τερματική θέση, οπότε τυπώνετε στην οθόνη το αποτέλεσμα της παρτίδας.

Συγκεκριμένα, το πρόγραμμά σας θα πρέπει:

- Να ρωτά τον χρήστη ποιο από τα δύο παιχνίδια θέλει να παίξει.
- Να ζητά από τον άνθρωπο να διευκρινίσει αν θα είναι ο **ΠΡΑΣΙΝΟΣ** (δηλαδή, θα παίξει πρώτος) ή ο **ΚΟΚΚΙΝΟΣ** (δηλαδή, θα παίξει δεύτερος).
- Να ζητά στην οθόνη και να διαβάζει από το πληκτρολόγιο τις απαιτούμενες πληροφορίες για αρχικής θέσης της παρτίδας που πρόκειται να παιχτεί. Ως εναλλακτική, να δέχεται και την επιλογή για δημιουργία μιας τυχαίας αρχικής θέσης.
- Να εκτελεί **ακολουθίες εναλλασσόμενων κινήσεων** (turns), όπου οι δύο συμμετέχοντες (υπολογιστής / άνθρωπος) επιλέγουν μόνο επιτρεπτές κινήσεις του παιχνιδιού, μέχρι να καταλήξουν σε κάποια τερματική θέση για την παρτίδα του παιχνιδιού.
- Να διαβάζει από το πληκτρολόγιο κάθε επόμενη κίνηση του ανθρώπου, επιτρέποντας την επιλογή μόνο αποδεκτών κινήσεων.
- Να ελέγχει, μετά από κάθε κίνηση του ανθρώπου ή του υπολογιστή, αν η παρτίδα έχει φτάσει σε μια τερματική θέση, με ξεκάθαρο νικητή και ηττημένο πλέον, οπότε και να αποτυπώνει το αποτέλεσμα της παρτίδας στην οθόνη. Διαφορετικά, να τυπώνει την τρέχουσα θέση της παρτίδας στην οθόνη προκειμένου να κάνει κάποιος (ο υπολογιστής ή η άνθρωπος) την επόμενη κίνησή του, η οποία επίσης καταγράφεται στην οθόνη.

Επίσης, θα πρέπει να υλοποιήσετε τις δικές σας ρουτίνες για επιλογή επόμενης κίνησης για λογαριασμό του υπολογιστή σε κάθε παιχνίδι. Οι ρουτίνες σας θα δέχονται ως είσοδο την τρέχουσα θέση της παρτίδας, και θα επιστρέφουν έναν χαρακτηρισμό αν πρόκειται για **ΠΝ** ή **ΠΗ**. Σε περίπτωση που πρόκειται για **ΠΝ**, θα πρέπει επίσης να προτείνουν και μια **βέλτιστη επόμενη κίνηση** για τον υπολογιστή, σύμφωνα με το σκεπτικό που αναπτύξατε και τεκμηριώσατε στο θεωρητικό μέρος. Με άλλα λόγια, ο υπολογιστής ποτέ δεν θα πρέπει να χάνει μια παρτίδα όταν είναι:

1. Εξ αρχής **παρτίδα νίκης** και ο υπολογιστής καλείται να παίξει πρώτος.
2. Εξ αρχής **παρτίδα ήττας** και ο υπολογιστής καλείται να παίξει δεύτερος.
3. Είτε αρχικά **παρτίδα νίκης** με τον υπολογιστή να καλείται να παίξει δεύτερος, ή αρχικά **παρτίδα ήττας** με τον υπολογιστή να παίξει πρώτος, όπου όμως (κατά την εξέλιξη του παιχνιδιού) ο άνθρωπος κάποια στιγμή παίζει απρόσεχτα και του δίνει την ευκαιρία στον υπολογιστή τελικά να κερδίσει (πχ, αφελώς δημιουργώντας για τον υπολογιστή μια ΠΝ, αντί για ΠΗ).

Όταν είναι σειρά του υπολογιστή να παίξει και η τρέχουσα θέση είναι **ΠΗ**, τότε θα πρέπει να επιλέγεται μια τυχαία επιτρεπτή κίνηση.

## 3. ΠΑΡΑΔΟΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Δημιουργήστε τα εξής αρχεία:

**(α) ΠΗΓΑΙΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ:** Ένα συμπιεσμένο (ZIP) αρχείο, που να περιέχει όλα τα αρχεία του πηγαίου κώδικα που δημιουργήσατε για τις ανάγκες της εργασίας σας. Χρησιμοποιήστε την εξής ονοματολογία για το ZIP αρχείο που θα παραδώσετε: **NE509\_LAB1\_2025\_<PROVIDE YOUR AM HERE>\_SOURCE-FILES.zip**.

**(β) ΓΡΑΠΤΗ ΑΝΑΦΟΡΑ:** Για τη γραπτή αναφορά σας (σε DOCX ή/και σε PDF μορφή), χρησιμοποιήστε την εξής ονοματολογία: **NE509\_LAB1\_2025\_<PROVIDE YOUR AM HERE>\_REPORT.docx** ή **NE509\_LAB1\_2025\_<PROVIDE YOUR AM HERE>\_REPORT.pdf**.