ИНСТИТУТ ЗА МАТЕМАТИКУ И ИНФОРМАТИКУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

СЕМИНАРСКИ РАД

Предмет: Логичко и функцијско програмирање
Тема: Икс Окс у програмском језику Haskell

Студент:
Душан Стевановић 121/2018

Професор:
др Татјана Стојановић

Крагујевац, 2021. год.

Садржај

Тема

Тема семинарског рада јесте да се направи непобедиви противник у познатој игри „Икс Окс“ (eng. Tic Tac Toe) у програмском језику haskell. Проблеми које је требало решити су:

- Представљање табле за игру у конзоли којом се представља тренутно стање игре.
- Унос корисничког потеза.
- Израчунавање оптималног потеза рачунара.
- Промена стања игре након сваког потеза.
- Провера да ли је неко од играча победио или је нерешено.

Опис појединих функција

Постављање структуре игре

```
data Player = PlayerX | PlayerO deriving (Eq, Show)
type Cell = Maybe Player
data State = Running | GameOver (Maybe Player) deriving (Eq, Show)

type Board = [[Cell]]

data Game = Game {      gameBoard :: Board,
                        gamePlayer :: Player,
                        gameState :: State
                    } deriving (Eq, Show)

initialGame = Game {    gameBoard = initialBoard,
                        gamePlayer = PlayerX,
                        gameState = Running }
        where
                initialBoard = [[Nothing | i <- [1..3]] | j <- [1..3]]
```

Почетно стање игре постављамо у променљивој initialGame, која је типа Game. Тип Game чува таблу за игру (gameBoard :: Board) у облику матрице чији елементи су типа Cell, играча који је тренутно на потезу (gamePlayer :: Player) и информацију о томе да ли је игра у току или је игра завршена и ко је победник (gameState :: State). Оваква структура у haskell-у се назива “record”. Тип Cell чува податак о томе да ли је неко од играча Икс (PlayerX) или Окс (PlayerO) заузео поље или је поље празно (Nothing).

Приказ игре у конзоли

```
--show board in console
showCell :: Cell -> IO()
showCell (Just PlayerX) = putStr "X"
showCell (Just PlayerO) = putStr "O"
showCell Nothing = putStr " "

showRow :: [Cell] -> IO()
showRow [x] = do
                (showCell x)
                putStr "\n"
showRow (x:xs) = do
                (showCell x)
                putStr "|"
                (showRow xs)

printBoard :: [[Cell]] -> IO()
printBoard [x] = showRow x
printBoard (x:board) = do
                showRow x
                putStrLn "-----"
                printBoard board


printPlayer :: Player -> IO()
printPlayer p
        |p == PlayerX = putStrLn "X na potezu"
        |p == PlayerO = putStrLn "O na potezu"
```

Функција printBoard уз помоћне функције приказује тренутно стање игре на табли.

Провера да ли је игра завршена

```
--checkGameOver
isRowFull2 :: Cell -> [Cell] -> Bool
isRowFull2 a [] = True
isRowFull2 x (y:ys)
        |x /= y = False
        |otherwise = isRowFull2 x ys

isRowFull :: [Cell] -> State
isRowFull (x:xs)
        |x == (Just PlayerX) && isRowFull2 (Just PlayerX) xs = GameOver (Just PlayerX)
        |x == (Just PlayerO) && isRowFull2 (Just PlayerO) xs = GameOver (Just PlayerO)
        |otherwise = Running
```

```
getColumns :: [[a]] -> [[a]]
getColumns cells = [[cell!!j | cell <- cells] | j <- [0..2]]

getDiagonals :: [[a]] -> [[a]]
getDiagonals cells = [[cells!!i!!i | i <- [0..2]], [cells!!i!!j | i <- [0..2], let j = 2-i]]

stateOR :: State -> State -> State
stateOR (GameOver a) s = GameOver a
stateOR s (GameOver a) = GameOver a
stateOR _ _ = Running

checkBoard :: Board -> State
checkBoard [] = Running
checkBoard (x:board) = stateOR (isRowFull x) (checkBoard board)

isNothing :: Maybe a -> Bool
isNothing Nothing = True
isNothing _ = False

isFull :: Board -> Bool
isFull board = not (foldl1 (||) [foldl1 (||) (map (isNothing) x) | x <- board])

winner :: Board -> State
winner board
        |isFull board && checkBoard allThree == Running = GameOver Nothing
        |otherwise = checkBoard allThree
        where
        allThree = board ++ (getColumns board) ++ (getDiagonals board)
```

Скуп ових функција је коришћен за проверу да ли партија доведена до краја и да ли треба наставити са игром. Опис појединих функција:

isRowFull, isRowfull2 - проверавају да ли прослеђени ред, врста или дијагонала попуњена са три иста симбола и да ли није празан и на основу тога враћају стање GameOver (Just PlayerX) или GameOver (JustPlayerO) уколико листа јесте попуњена или стање Running уколико није.

getDiagonals, getColumns – за прослеђену таблу издваја колоне и дијагонале које се проверавају у поменутим функцијама, док редове већ имамо јер је сама табла за игру сачувана у облику листи редова.

stateOR – како нам претходне фунцкије враћају само стање у појединим деловима табле (редовима, колонама и дијагоналама), потребно добити стање целокупне табле. Ова функција подсећа на логичку операцију OR стим што је true замењено са GameOver стањем а false са Running. Тако да примењена на листу стања редова, колона и

дијагоналаона враћа једно резултујуће стање које се односи на целу таблу што је и урађено у наредној функцији.

checkBoard – користећи претходне функције, ова функција враћа целокупно стање табле и враћа ко је победио, или да је игра још у току.

winner – главна провера се врши у функцији checkBoard али њој фали још провера да ли је игра нерешена па фунцкија winner комплетира одређивање стања игре на основу прослеђене табле.

isNothing и isFull– помоћне функције за проверу да ли је поље на табли празно и да ли је цела табла попуњена.

Смена стања и унос потеза

```
--move validation
inRange :: ((Int, Int), (Int, Int)) -> (Int, Int) -> Bool
inRange ((a, b), (c, d)) (e, f) = e>=a && e<=b && f>=a && f<=b

isCorrect = inRange ((0, 2), (0, 2))

--get player move
getCoords :: IO (Int, Int)
getCoords = do
                putStrLn "Unesite polje na koje zelite da igrate"
                putStr "vrsta: "
                line <- getLine
                let x = (read line :: Int)
                putStr "kolona: "
                line <- getLine
                let y = (read line :: Int)
                return (x, y)
```

```
replaceElem :: [a] -> Int -> a -> [a]
replaceElem [] 0 y = []
replaceElem (x:xs) 0 y = y:xs
replaceElem (x:xs) i y = x:(replaceElem xs (i-1) y)

switchPlayer :: Game -> Game
switchPlayer game =
        case gamePlayer game of
                PlayerX -> game { gamePlayer = PlayerO }
                PlayerO -> game { gamePlayer = PlayerX }

playerTurn :: Game -> (Int, Int) -> Game
playerTurn game (x, y)
        |isCorrect (x, y) && isNothing (board!!x!!y) =
                switchPlayer $ game {gameBoard = replaceElem board x
                                        (replaceElem (board !! x) y (Just player))}
        |otherwise = game
        where
                player = gamePlayer game
                board = gameBoard game
```

Како би игра текла од корисника се тражи да унесе свој потез у конзолу и на основу и тако промени стање игре. Функције одговорне за то су:

getChords – захтева од корисника да унесе врсту и колону поља на које жели да одигра потез и враћа их у пару као тапл (eng. Tuple).

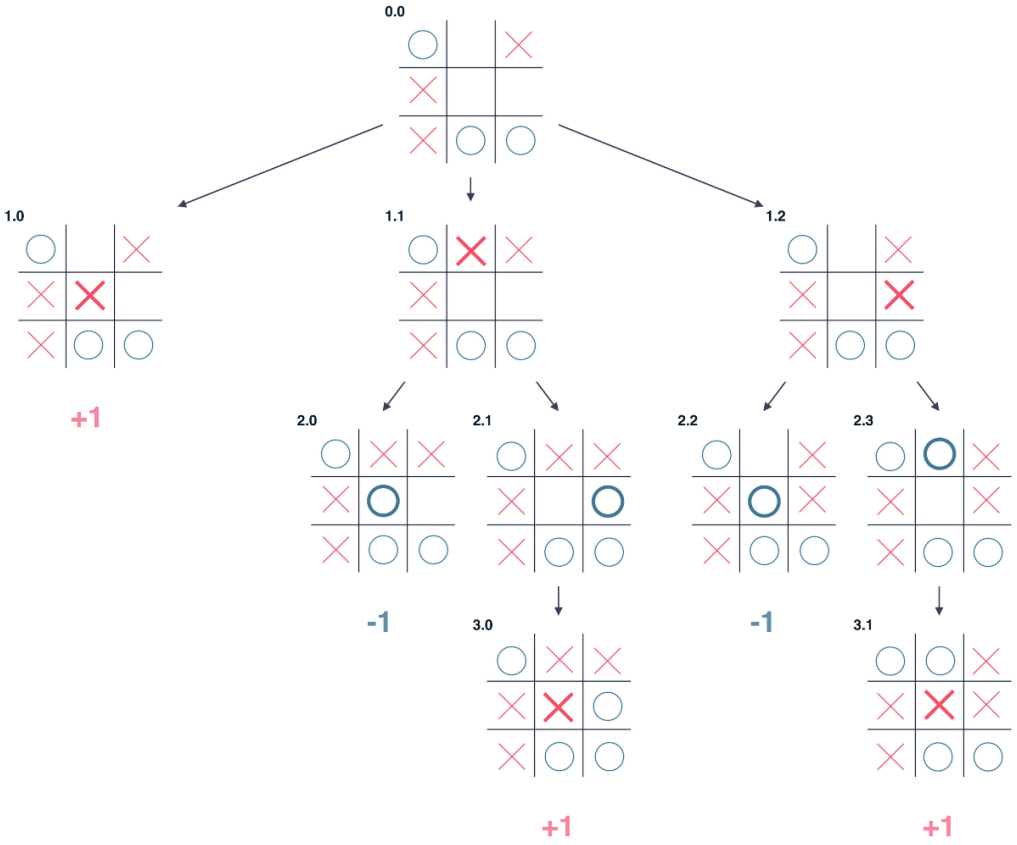
replaceElem, switchPlaye – функције за промену стања игре. Прва мења једно поље у листи, служи да попуни поље на табли када играч одигра потез, док друга наизменично мења играче.

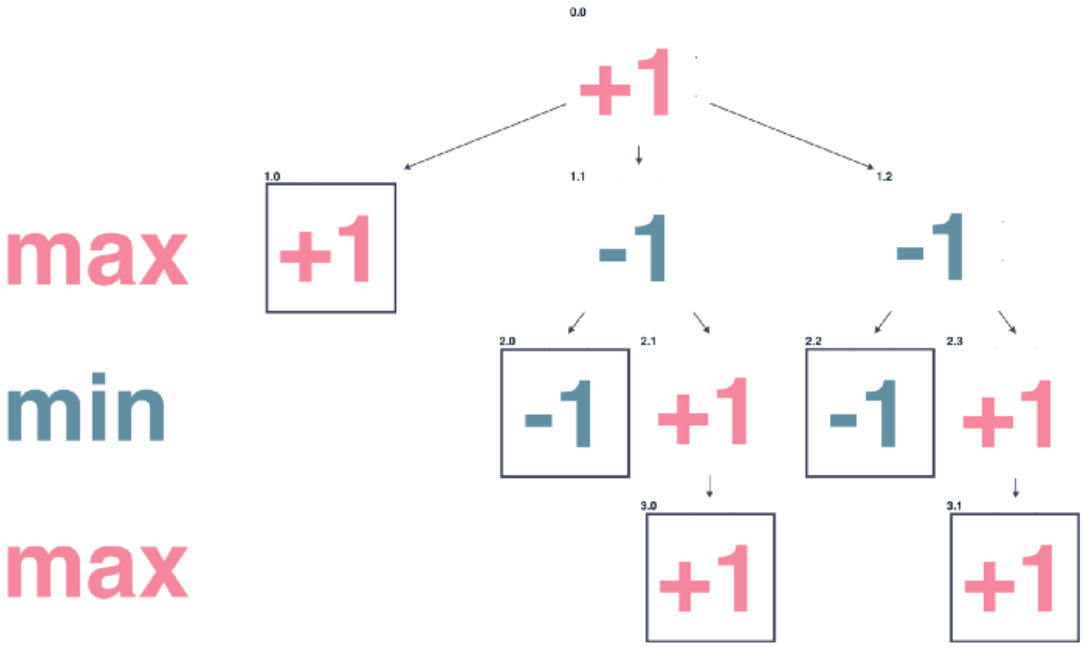
inRange, isCorect – провера да ли је потез у границама табле за игру.

playerTurn – користећи претходне функције проверава валидност потеза и мења стање игре. Ако потез није валидан играч има прилику да понови унос потеза.

Одређивање оптималног потеза

Један од важнијих делова овог семинарског рада јесте био да се направи алгоритам за рачунање оптималног потеза противника. Задатак је био направити противника који ће своје потезе играти "паметно". За израчунавање оптималног потеза коришћен је Минимакс (eng. Minimax) алгоритам. Минимакс је алгоритам који рекурзивно узима у обзир све могуће исходе игре и на основу тога бира најбољи потез. Као што му име говори циљ минимакс алгоритама је да минимизује максимални губитак (MINImise MAXimum loss). На слици је приказан пример одређивања оптималног потеза за играча Икс међу три могућа потеза.





Потез који доноси победу Икс-у вреди 1, онај који доноси победу Окс-у вреди -1, уколико је нерешено потез вреди 0. Гледано одоздо у овом примеру последње потезе је играо Икс, зато међу њима бирамо оне са максималном вредношћу (у оба потеза 3.0 и 3.1 је победио Икс). Након тога међу потезима које је одиграо Окс бирамо онај са минималном вредношћу. Како алгоритам узима у обзир да је и противник играо оптимално, минимална вредност међу овим потезима представља најбољи потез

противника (у примеру са слике Окс је противник). И на крају поново бирамо најбољи потез за Икс и то је потез 1.0 у коме је и победио.

```
score :: Int -> Game -> Int
score i game
        | w == (GameOver (Just player)) = 1
        | w == (GameOver (getOpponent (Just player))) = (-1)
        | w == (GameOver Nothing) = 0
        | otherwise = (-scoreNext)
                where
                        w = (winner board)
                        (x, y) = convertCoords i
                        board = gameBoard game
                        player = gamePlayer game
                        (scoreNext, _) = minimax (playerTurn game (x, y))

minimax :: Game -> (Int, Int)
minimax game
        |list == [] = ((score 0 game), 0)
        |otherwise = maxl list
        where
                list = [((score i game), i) | i <- [0..8], filterMove i game]
```

```
maxl :: [(Int, Int)] -> (Int, Int)
maxl [] = (0, 0)
maxl [(x, i)] = (x, i)
maxl ((x, i):xs)
        | x > max = (x, i)
        | otherwise = maxl xs
                where (max, _) = maxl xs

getOpponent :: Cell -> Cell
getOpponent (Just PlayerX) = (Just PlayerO)
getOpponent (Just PlayerO) = (Just PlayerX)
getOpponent _ = Nothing

filterMove :: Int -> Game -> Bool
filterMove i game = isNothing (board!!x!!y)
        where
                (x, y) = convertCoords i
                board = gameBoard game

convertCoords :: Int -> (Int, Int)
convertCoords i = (i `div` 3, i `mod` 3)
```

Минимакс алгоритам је имплементиран уз помоћ две главне функције minimax и score и некилико помоћних функција:

minimax, score – функција minimax прихвата тренутно стање игре и тражи потез са максималном вредношћу. За све могуће потезе рачунамо њихову вредност помоћу функције score. Ова функција проверава да ли је прослеђено стање неко од крајњих и уколико јесте врати одговарајућу вредност за потез. Уколико није рекурзивно се позива функција minimax да одреди вредност оптималног потеза противника. Како фунцкија score рачуна вредност потеза само на основу тренутног играча уведен је префикс минус (-scoreNext) при рачунању вредности противниковог потеза. Тиме постижемо наизменично тражења максимума и минимума за сваки следећи ниво рекурзије.

maksl – како у функцији minimax све вредности могућих потеза чувамо у листи ова функција проналази највећу међу њима у облику уређеног пара (највећа вредност, потез). Није било протребно правити и функцију за тражење минималне вредности управо због префикса минус који користимо у функцији score.

converCoords, filterMove getOpponent – помоћне фукције редом за одређивање колоне и врсте на основу потеза, филтрирање могућих потеза и одређивање противничког играча.

Покретање и ток игре

```
computerTurn :: Game -> Game
computerTurn game = playerTurn game (x, y)
        where
                (_, i) = minimax game
                (x, y) = convertCoords i

playGame :: Game -> IO()
playGame game
        | (winner board) == Running && player == PlayerX = do
                                                printPlayer player
                                                printBoard board
                                                (x, y) <- getCoords
                                                playGame (playerTurn game (x, y))
        | (winner board) == Running && player == PlayerO =
                                                playGame (computerTurn game)
        | (winner board) == (GameOver (Just PlayerX)) = do
                                                printBoard board
                                                putStr "Kraj igre. Pobedio je X!"
        | (winner board) == (GameOver (Just PlayerO)) = do
                                                printBoard board
                                                putStr "Kraj igre. Pobedio je O!"
        | (winner board) == (GameOver Nothing) = do
                                                printBoard board
                                                putStr "Kraj igre. Nereseno."
        where
                player = gamePlayer game
                state = gameState game
                board = gameBoard game

startGame = playGame initialGame
```

Остало је још све претходно повезати да ради као целина. Главни ток игре спроводи функција **playGame**. У овој функцији се проверава да ли је игра готова и који је играч на реду. Уколико је победио неко од играча или је нерешено, исписује се одговарајућа порука и игра се завршава. Разликујемо два типа потеза, када игра корисник и када игра рачунар. Уколоко је корисник на потезу од њега се тражи да унесе свој поте. Када одигра свој потез функција **computerTurn** користи минимакс алгоритам да пронађе оптималан потез. Покретање игре врши се позивом функције **startGame.**